



TESIS - TI42307

**PERAN KONTRIBUSI INDUSTRI BAJA HULU  
TERHADAP PEMENUHAN KEBUTUHAN BAJA  
NASIONAL  
(Sebuah Pendekatan Metodologi Sistem Dinamik)**

**EFTA DHARTIKASARI PRIYANA  
2514 205 009**

**DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. I Ketut Gunarta, MT  
Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirdjodirdjo, M.Eng**

**PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN REKAYASA  
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**



THESIS - TI42307

# **THE ROLE OF CONTRIBUTION UPSTREAM STEEL INDUSTRY TO FULLFILLMENT NATIONAL STEEL (On Approach of Methodology Dinamic System)**

**EFTA DHARTIKASARI PRIYANA**  
**2514 205 009**

**SUPERVISOR**  
**Dr. Ir. I Ketut Gunarta, MT**  
**Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirdjodirdjo, M.Eng**

**MASTER PROGRAM**  
**ENGINEERING MANAGEMENT**  
**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING**  
**FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY**  
**SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY**  
**SURABAYA**  
**2016**

# **PERAN KONTRIBUSI INDUSTRI BAJA HULU TERHADAP PEMENUHAN KEBUTUHAN BAJA NASIONAL (Sebuah Pendekatan Metodologi Sistem Dinamik)**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**EFTA DHARTIKASARI PRIYANA**  
2514 205 009

Tanggal Ujian : 28 Juni 2016  
Periode Wisuda : September 2016

Disetujui oleh :

1. **Dr. Ir. I Ketut Gunarta, MT.**  
NIP. 19680218 199303 1 002

  
(Pembimbing I)

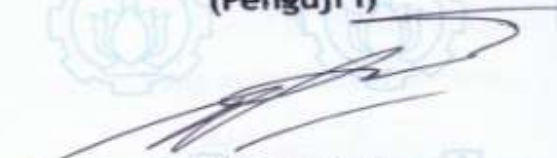
2. **Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirdjodirdjo, M.Eng**  
NIP. 19550308 197903 1 001

  
(Pembimbing II)

3. **Dr. Ir. Bambang Syairudin, MT.**  
NIP. 19631008 199002 1 001


  
(Penguji I)

4. **Dr. Ir. Arman Hakim Nasution, M.Eng**  
NIP. 19660813 199402 1 001

  
(Penguji II)



Direktur Program Pascasarjana,

  
**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 19601202 198701 1 001

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Efta Dhartikasari Priyana  
Program Studi : Magister Teknik Industri – ITS  
NRP : 2514 205 009

### **“PERAN KONTRIBUSI INDUSTRI BAJA HULU TERHADAP PEMENUHAN KEBUTUHAN BAJA NASIONAL (Sebuah Pendekatan Metodologi Sistem Dinamik)”**

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Seluruh referensi yang dikutip dan dirujuk telah saya tulis secara lengkap di daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, 28 Juli 2016

Yang membuat pernyataan

**Efta Dhartikasari Priyana**

**NRP. 2514 205 009**

# **PERAN KONTRIBUSI INDUSTRI BAJA HULU TERHADAP PEMENUHAN KEBUTUHAN BAJA NASIONAL (Sebuah Pendekatan Metodologi Sistem Dinamik)**

Nama Mahasiswa : Efta Dhartikasari Priyana  
NRP : 2514 205 009  
Pembimbing : Dr. Ir. I Ketut Gunarta, MT.  
Ko-Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo M.Eng.

## **ABSTRAK**

Industri baja merupakan suatu sistem industri yang terdiri dari industri baja hulu dan industri baja hilir. Dari permasalahan industri baja nasional, Industri Baja Hulu Nasional belum berhasil dalam menyelesaikan permasalahan kebutuhan baja di industri hilir yang dampaknya adalah pada kebergantungan terhadap produk baja *import*. Tetapi adanya besi spons *import* yang masuk pasaran Indonesia, membuat Industri Baja Hulu Nasional harus bersaing dengan besi spons *import* yang harganya jauh lebih murah. Dampak dari permasalahan ini adalah penumpukan *stock* di Industri Baja Hulu karena kalah saing dengan besi spons *import* yang harganya jauh lebih murah. Penumpukan *stock* ini membuat Industri Baja Hulu harus mengurangi produksinya yang menyebabkan harga produksi semakin mahal. Hal lain yang dialami Industri Baja Hulu adalah harga besi spons nasional ditentukan oleh harga global akibat dari persaingan pasar global yang ada di Indonesia. Dampaknya, Indonesia terus mengalami kerugian akibat biaya produksi yang lebih mahal dari harga jualnya. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan alternatif yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan di Industri Baja Hulu yang ada selama ini. Beberapa skenario dirancang dari pembentukan model sistem dinamik yang telah dibuat. Mulai dari memaksimalkan produksi dari kapasitas terpasang untuk produksi besi spons. Menaikkan pajak masuk industri baja dasar serta mengganti teknologi *Direct Reduction Iron* ke *Blash Furnace*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skenario yang telah dirancang dari pembentukan *Direct Reduction Iron* tidak memberikan efek yang nyata untuk menangani permasalahan di Industri Baja Hulu. Pada alternatif pergantian teknologi dengan *Blash Furnace* didapatkan hasil bahwa penggunaan bahan baku utama dengan komposisi pellet besi 50%, pasir besi 45% dan bijih besi 5% merupakan alternatif terbaik untuk mendapatkan biaya produksi yang lebih murah serta keuntungan yang maksimal.

Kata Kunci: Industri Baja Hulu, *Direct Reduction Iron*, *Blash Furnace*, Sistem Dinamik.

# **THE ROLE OF CONTRIBUTION UPSTREAM STEEL INDUSTRY TO FULLFILLMENT NATIONAL STEEL (On Approach of Methodology Dinamic System)**

*Name* : Efta Dhartikasari Priyana  
*NRP* : 2514 205 009  
*Supervisor* : Dr. Ir. I Ketut Gunarta, MT.  
*Co-Supervisor* : Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo M.Eng.

## **ABSTRACT**

The Steel Industry is an Industrial system that consists of a Steel Industry upstream and downstream Steel Industries. Of the problems of the National Steel Industry, Steel Industry National Hulu has not succeeded in resolving the problems in the downstream steel demand with the effect of the dependence on imported steel products. But their sponge iron imports that enter the Indonesian market, making the National Steel Industry Upstream must compete with imported sponge iron which is much cheaper price. The impact of this problem is the accumulation of stock in the Steel Hulu Industry because of less competitive with imported sponge iron which is much cheaper price. This makes the stock buildup upstream steel industry must reduce its production which causes the price of the more expensive production. Another thing that happened Upstream Steel Industry is a national sponge iron prices are determined by global prices as a result of global market competition in Indonesia. Impact, Indonesia continues to experience losses due to production costs more expensive than the selling price. This study aims to find the right solution to solve the problems in the Steel Industry Hulu over the years. Several scenarios are designed on the establishment of dynamic system models that have been made. Starting from maximizing production of installed capacity for the production of sponge iron. Raising taxes in indsutri steel base and replace technology to Blash Direct Reduction Iron Furnace. The results explain that the scenario has been designed from the formation of Direct Reduction Iron does not give real effect to address the problems in the Steel Industry Hulu. At the turn of the alternative technology with Blash Furnace showed that the use of the main raw material with a composition of 50% iron pellets, iron sand iron ore 45% and 5% is the best alternative for mendapatkan cheaper production costs and maximum benefit

**Keyword:** *Hulu Steel Industry, Direct Reduction Iron, Blash Furnace, Dynamic System.*

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat, rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tesis dengan judul **“Peran Kontribusi Industri Baja Hulu Terhadap Pemenuhan Kebutuhan Baja Nasional (Sebuah Pendekatan Sistem Dinamik)”**. Laporan Tesis ini tidak akan terselesaikan dengan baik apabila tanpa bantuan dari pihak lain. Bersama ini penulis mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. I Ketut Gunarta, MT selaku pembimbing utama sehingga laporan ini dapat diselesaikan dengan baik
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirdjodirdjo, M.Eng selaku pembimbing kedua yang telah bersedia meluangkan waktu dan perhatiannya sehingga penulis dapat memahami konsep sistem dinamik dengan baik.
3. Bapak Dr. Ir. Bambang Syairudin, MT dan Dr. Ir. Arman Hakim Nasution, M.Eng selaku penguji Tesis yang telah banyak memberikan masukan kepada penulis sehingga Tesis ini bisa berjalan lebih sempurna.
4. Bapak Dr. Erwin Widodo ST, M.Eng selaku Koordinator Program Magister Teknik Industri ITS
5. Ibu Dr. Dyah Santhi Dewi, S.T, M.Eng, Sc, Ph.D selaku sekretaris Koordinator Program Magister Teknik Industri ITS.
6. Seluruh dosen pengajar dan karyawan di Jurusan Teknik Industri ITS yang telah memberikan ilmu dan layanan fasilitas selama menempuh pendidikan.
7. Bapak Gunawan selaku staff karyawan Kementrian Perindustrian yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk mencari data yang dibutuhkan.
8. Direktorat Jenderal Pendidikan yang telah memberikan beasiswa bagi penulis sehingga penulis bisa kuliah sampai di tahap Magister.

9. Fakhreza Abdul selaku *expert* di dunia Industri Baja yang telah meluangkan banyak waktunya demi tercapainya penulisan ini.
10. Keluarga tercinta yang telah banyak mendukung penulis demi terciptanya Tesis ini.
11. Akhmad Ramadhani selaku teman yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membantu berjalannya tesis ini.
12. Fasta Aulia selaku teman yang selalu memberikan semangat serta dorongannya dan bersedia menjadi tempat curahan hati.
13. Teman-teman Magister Teknik Industri angkatan 2014 yang telah bersedia membantu penulis dalam mengarungi perkuliahan, sehingga penulis dalam kuliah di Teknik Industri dengan baik dan menyerap semua ilmu yang diberikan.
14. Gank keluarga kekinian selaku teman-teman Statistika angkatan jadal 2009 yang telah bersedia memberikan semangat dan berbagi inspirasinya, sehingga penulis tidak stess dalam menjalankan penelitian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Semoga laporan tesis ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan sebagaimana mestinya oleh pihak yang berkepentingan.

Surabaya, 18 Juli 2016

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Penelitian .....	6
1.5 Asumsi Penelitian .....	7
1.6 Manfaat Penelitian .....	7
1.7 Sistematika Penulisan .....	7
<b>BAB 2 KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Industri Baja.....	9
2.1.1 Sumber Daya Alam Pendukung Industri Baja .....	11
2.2 Pohon Industri Baja .....	13
2.2.1 Industri Baja Hulu.....	13
2.2.2 Industri Pengkonsumsi Baja .....	23
2.2.3 Kondisi Industri Baja Saat Ini.....	27
2.2.4 Pasar Baja Nasional .....	28
2.3 PT Krakatau Steel .....	29
2.4 Pemodelan Sistem Dinamik.....	34
2.4.1 Pendekatan Sistem .....	34
2.4.2 Sistem Dinamik.....	38
2.4.3 Variabel Model .....	40
2.4.4 Validasi Model.....	41
2.4.5 Pendekatan Skenario .....	42
2.4.6 Penelitian Terdahulu .....	42
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Studi Literatur .....	51
3.2 Penyusunan Formal Model .....	51
3.2.1 Problem Articulation.....	52
3.2.2 Dynamic Hypothesis.....	52

3.2.3 Model Formulation .....	53
2.2.4 Testing Model.....	53
3.2.5 policy Formulation and Evaluation .....	54
3.3 Tahap Analisis dan interpretasi .....	54
3.4 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran .....	54
<b>BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA</b>	
4.1 Kerangka Pemikiran.....	59
4.2 Pendektan Sistem.....	60
4.2.1 Analisis Kebutuhan .....	60
4.2.2 Problem Articulation .....	61
4.2.3 Dynamic Hypotesis .....	67
4.2.4 Framework Model .....	67
4.2.5 Diagram Input Output.....	68
4.2.6 Model Dinamik.....	71
4.2.7 Formulasi Masalah .....	73
4.2.8 Identifikasi Subsistem Industri Baja Hulu.....	73
4.2.9 Stock Flow Diagram.....	80
4.3 Verifikasi dan Validasi Model.....	89
4.3.1 Verifikasi Model.....	89
4.3.2 Validasi Model .....	90
<b>BAB 5 SIMULASI, ANALISIS DAN INTERPRETASI</b>	
5.1 Perancangan Skenario .....	101
5.2 Simulasi Skenario.....	102
5.3 Simulasi Skenario Kondisi Normal.....	103
5.3.1 Industri Pengkonsumsi Baja.....	103
5.3.2 Permiintaan Besi Spons Untuk <i>Supply</i> Kebutuhan BS Nas .	104
5.3.3 Harga Besi Spons Nasional Versus Besi Spons Import .....	105
5.4 Simulasi Skenario Produksi <i>Direct Reduction Iron</i> .....	108
5.4.1 Simulasi Skenario Pertama.....	108
5.4.2 Simulasi Skenario Kedua .....	108
5.4.3 Simulasi Skenario Ketiga .....	109
5.5 Skenario Pergantian Tekhnologi .....	110
5.5.1 Simulasi Skenario Keempat .....	117
5.4.2 Simulasi Skenario Kelima .....	118
5.4.3 Simulasi Skenario Keenam.....	120
5.5.4 Simulasi Skenario Ketujuh.....	121
5.4.5 Simulasi Skenario Kedelapan.....	122
5.4.5 Simulasi Skenario Kesembilan.....	123
5.5.7 Simulasi Skenario Kesepuluh.....	124

5.4.8 Simulasi Skenario Kesebelas .....	125
5.6 Pemilihan Skenario Terbaik.....	126
5.6.1 Pemilihan Skenario Pertama.....	126
5.6.2 Pemilihan Skenario Kedua.....	128
5.6.3 Pemilihan Skenario Ketiga .....	129
5.6.4 Pemilihan Skenario Keempat.....	130
5.6.5 Pemilihan Skenario Kelima .....	132
5.6.6 Pemilihan Skenario Keenam.....	132
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	133
5.2 Saran .....	134
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Pemenuhan Konsumsi Baja Nasional .....	2
<b>Gambar 1.2</b> Proyeksi Konsumsi dan Produksi Baja Nasional .....	2
<b>Gambar 1.3</b> Perkiraan Pertumbuhan Demand Baja Nasional .....	3
<b>Gambar 1.4</b> Kenaikan Harga Listrik dan Gas Alam .....	4
<b>Gambar 1.5</b> Ilustrasi Hubungan Keterkaitan Antar Variabel.....	5
<b>Gambar 2.1</b> Bangun Industri Nasional.....	10
<b>Gambar 2.2</b> Proses Produksi Hulu Baja.....	11
<b>Gambar 2.3</b> Kontruksi Sebuah Tanur Tinggi.....	15
<b>Gambar 2.4</b> Proses Pembuatan Baja .....	17
<b>Gambar 2.5</b> Sketsa Sebuah Tungku BOF .....	20
<b>Gambar 2.6</b> Sketsa Sebuah Tungku EAF.....	21
<b>Gambar 2.7</b> Bagan Proses Produksi Baja.....	23
<b>Gambar 2.8</b> Komoditas Produk Baja .....	25
<b>Gambar 2.9</b> Pohon Industri Baja.....	26
<b>Gambar 2.10</b> Perbandingan Konsumsi Baja Per Kapita .....	28
<b>Gambar 2.11</b> Pendekatan Sistem .....	35
<b>Gambar 2.12</b> Feedback Chikens Population .....	37
<b>Gambar 2.13</b> Diagram input Output .....	40
<b>Gambar 2.14</b> Tahapan Pendekatan Sistem Dinamik.....	39
<b>Gambar 2.15</b> Representase Variabel dan Software.....	41
<b>Gambar 3.1</b> Iterasi Proses Penyusunan Formal Model .....	51
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....	55
<b>Gambar 4.1</b> References Modes Biaya Rata-Rata Gaji Pegawai Tahunan .....	64
<b>Gambar 4.2</b> References Modes Biaya LNG Per MMBTU .....	63
<b>Gambar 4.3</b> References Modes Biaya Bahan Pembantu Per Ton Produksi....	64
<b>Gambar 4.4</b> References Modes Harga Pellet Besi Per Ton .....	65
<b>Gambar 4.5</b> References Modes Harga Besi Spons Nasional dan Import.....	66
<b>Gambar 4.6</b> References Modes Biaya Produksi dan Harga Baja.....	66
<b>Gambar 4.7</b> Framework Model S to S .....	68
<b>Gambar 4.8</b> Diagram Input Output Industri Baja Hulu Nasional .....	68
<b>Gambar 4.9</b> Causal Loop Demand Besi Spons Nasional.....	74
<b>Gambar 4.10</b> Causal Loop Price Besi Spons Nasional .....	76
<b>Gambar 4.11</b> Causal Loop Produksi Besi Spons .....	77
<b>Gambar 4.12</b> Causal loop Diagram Teknologi Pembuatan Baja Dasar .....	80
<b>Gambar 4.13</b> Stock Flow Konsumsi Baja di Industri Pengkonsumsi Baja.....	81
<b>Gambar 4.14</b> Stock Flow Demand Besi Spons Nasional.....	82

<b>Gambar 4.15</b>	Stock Flow Harga Besi Spons .....	83
<b>Gambar 4.16</b>	Stock Flow Demand LNG .....	84
<b>Gambar 4.17</b>	Stock Flow Biaya Pembelian Pellet.....	86
<b>Gambar 4.18</b>	Stock Flow Gaji Pegawai Industri Baja Hulu , .....	87
<b>Gambar 4.19</b>	Diagram Keuntungan Penjualan Besi Spons .....	88
<b>Gambar 4.20</b>	Stock Flow Perkembangan Investasi .....	88
<b>Gambar 4.21</b>	Check Unit Simulasi Seluruh Model Ind Baja Hulu Nas .....	89
<b>Gambar 4.22</b>	Check Error Simulasi seluruh Model Ind Baja Hulu Nas.....	90
<b>Gambar 4.23</b>	Uji Sensitivitas Demand Besi Spons Nasional 0 .....	94
<b>Gambar 4.24</b>	Uji Sensitivitas Demand Besi Spons samadengan Produksi ....	95
<b>Gambar 4.25</b>	Uji Sensitivitas Kerugian LNG.....	96
<b>Gambar 4.26</b>	Uji Sensitivitas Kerugian LNG Ketika Produksi Naik .....	96
<b>Gambar 4.27</b>	Uji Sensitivitas Kerugian LNG = Kapaitas Terpasang.....	97
<b>Gambar 4.28</b>	Uji Sensitivitas Harga Pellet dengan Total Biaya Produksi .....	98
<b>Gambar 5.1</b>	Proyeksi harga BEsi Spons nasional VS Besi import.....	106
<b>Gambar 5.2</b>	Proyeksi Keuntungan Penjualan Besi Spons Nasional .....	106
<b>Gambar 5.3</b>	variabel yang Mempengaruhi Biaya Produksi Besi Spons.....	107
<b>Gambar 5.4</b>	Stock Flow Demand Pig Iron Nasional .....	111
<b>Gambar 5.5</b>	Stock Flow Harga Pig Iron .....	112
<b>Gambar 5.6</b>	Stock Flow Demand Batubara .....	114
<b>Gambar 5.7</b>	Stock Flow Biaya Bahan Baku Utama .....	115
<b>Gambar 5.8</b>	stock Flow Gaji Pegawai Industri Baja Hulu .....	116
<b>Gambar 5.9</b>	Stock Flow Keuntungan PENjualan Pig Iron .....	117
<b>Gambar 5.10</b>	Demand Baja Dasar Nasional .....	127

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Sumber Daya Alam Pendukung Mineral Besi .....	11
<b>Tabel 2.2</b> Perusahaan Bijih Spons .....	12
<b>Tabel 2.3</b> Pertumbuhan Industri Logam Dasar.....	29
<b>Tabel 2.4</b> Jumlah Perusahaan dan Kapasitas Baja Dasar .....	27
<b>Tabel 2.5</b> Perkembangan Produksi Baja Dasar .....	27
<b>Tabel 2.6</b> Import Produk Logam Dasar .....	27
<b>Tabel 2.7</b> Konsumsi Baja .....	29
<b>Tabel 2.8</b> Kebutuhan Pelaku Sistem Pembangunan Agroindustri.....	36
<b>Tabel 2.9</b> Penelitian Sebelumnya .....	45
<b>Tabel 4.1</b> Analisa Kebutuhan .....	61
<b>Tabel 4.2</b> Model Boundary Diagram Industri Baja Hulu Nasional.....	72
<b>Tabel 4.3</b> Potensi Kandungan Fe Bijih Besi dan Pasir BEsi Indonesia .....	78
<b>Tabel 4.4</b> Formulasi Stock Flow Konsumsi Baja di Ind Pengkonsumsi .....	81
<b>Tabel 4.5</b> Formula Stock Flow Demand Spons Nasional .....	82
<b>Tabel 4.6</b> Formula Stock Flow Price Besi Spons Nasional.....	83
<b>Tabel 4.7</b> Formula Stock Flow Demand LNG .....	85
<b>Tabel 4.8</b> Formula Stock Flow Biaya Pembelian Pellet.....	86
<b>Tabel 4.9</b> Formula Stock Flow gaji Pegawai Ind Baja Hulu .....	87
<b>Tabel 4.10</b> Formula Stock Flow Keuntungan Penjualan Besi Spons.....	88
<b>Tabel 4.11</b> Perbandingan Laju Kebutuhan Besi Spons .....	93
<b>Tabel 4.12</b> Perbandingan Permintaan Besi Spons .....	99
<b>Tabel 4.13</b> Hasil Uji Perbandingan Mean Error Produksi BEsi Spons .....	100
<b>Tabel 5.1</b> Industri Pengkonsumsi Baja.....	83
<b>Tabel 5.2</b> Permintaan Besi Spons.....	85
<b>Tabel 5.1</b> Industri Pengkonsumsi Baja.....	83
<b>Tabel 5.2</b> Permintaan Besi Spons.....	85
<b>Tabel 5.3</b> Keuntungan Jika Permint BS Sama dengan Produksi.....	88
<b>Tabel 5.4</b> Keuntungan Penjualan Ketika Produksi Sama dgn Kapasitas .....	89
<b>Tabel 5.5</b> Skenario Kenaikan Pajak 10% .....	90
<b>Tabel 5.6</b> Formula Stock Flow Demand Besi Spons nasional .....	92

<b>Tabel 5.7</b> Formula Stock Flow Price Besi Spons nasional.....	93
<b>Tabel 5.8</b> Formula Stock Flow Demand LNG .....	94
<b>Tabel 5.9</b> Formula Stock Flow Biaya Pembelian Pellet.....	95
<b>Tabel 5.10</b> Formula Stock Flow gaji Pegawai.....	94
<b>Tabel 5.12</b> Rancangan Produksi BF .....	97
<b>Tabel 5.13</b> Rancangan Produksi BF dgn PB dan BL .....	99
<b>Tabel 5.14</b> Rancangan BF Pellet Biji Primer .....	100
<b>Tabel 5.10</b> Formula Stock Flow gaji Pegawai.....	101
<b>Tabel 5.12</b> Rancangan Produksi BF dgn PB dan BL .....	102
<b>Tabel 5.14</b> Rancangan BF Pellet Biji Primer .....	103
<b>Tabel 5.15</b> Rancangan Produksi BF Pellet dan Pasir Besi .....	103
<b>Tabel 5.16</b> Rancangan Produksi BF dengan Pellet dan Scrab Lokal .....	104
<b>Tabel 5.17</b> Rancangan Produksi BF dengan Pellet dan Laterit dan Pasir Besi.....	104
<b>Tabel 5.18</b> Rancangan Produksi BF Pellet dan Laterit-Pasir Besi .....	104
<b>Tabel 5.19</b> Rancangan Produksi BF dengan Laterit dan Biji Besi .....	105
<b>Tabel 5.20</b> Rancangan Produksi BF dengan Pellet dan Laterit-Pasir Besi.....	107
<b>Tabel 5.21</b> Rancangan Produksi BF Pellet 50% Laterit 50% .....	108
<b>Tabel 5.22</b> Rancangan Produksi BF Pellet 50% Biji Primer 50% .....	108
<b>Tabel 5.23</b> Rancangan Produksi BF dengan Pellet 50% Pasir Besi 50% .....	110
<b>Tabel 5.24</b> Rancangan Produksi BF Pellet 50% PB 45% Laterit 5% .....	111
<b>Tabel 5.25</b> Rancangan Produksi BF dgn Pellet 50% Laterit 5% BB 45% .....	112
<b>Tabel 5.26</b> Rancangan Produksi BF dgn Pellet 50Biji Besi 5%, PB 45% ...	113

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A</b> Data Industri Baja Hulu .....	137
<b>Lampiran B</b> Simulasi Bahan Baku Utama pada <i>Blash Furnace</i> .....	141



# **BAB I**

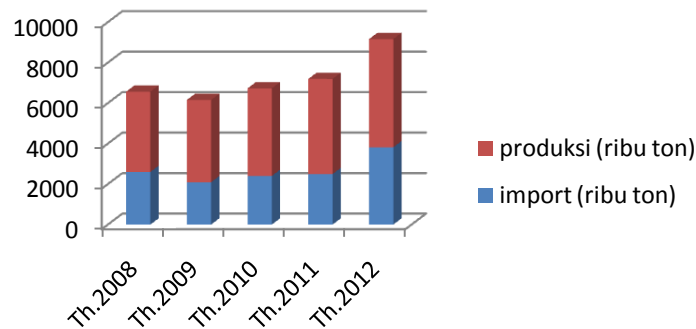
## **PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan berisi latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah, ruang lingkup, tujuan dan manfaat yang bisa diambil oleh penelitian, serta sistematika yang diterapkan dalam penelitian.

### **1.1 Latar Belakang**

Industri Baja memiliki peran penting dalam pembangunan nasional, mengingat Industri Baja merupakan salah satu kategori industri strategis dan mempunyai keterkaitan erat dengan industri-industri lainnya maka setiap negara berlomba-lomba membangun pabrik baja sebagai aset pertahanan. Kondisi tersebut diperkuat dengan adanya produksi baja di pasar dunia yang terus mengalami kenaikan dari 1,56 milyar ton pada tahun 2011 menjadi 1,66 milyar ton pada tahun 2014. Namun demikian, tingkat utilitas kapasitas produksi rata-rata pada tahun 2014 hanya mencapai 76% turun dari 80% pada tahun 2011

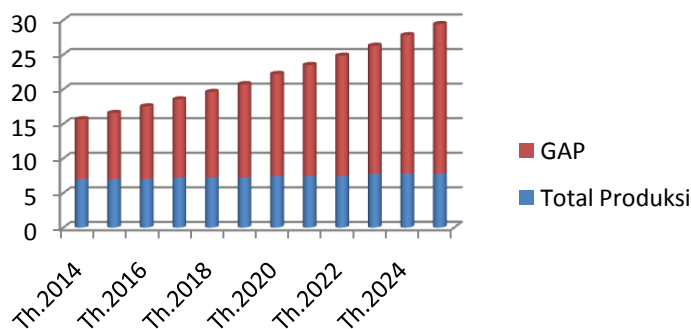
Terkait dengan Industri Baja Nasional Indonesia, sebenarnya industri baja sendiri merupakan suatu sistem industri yang seharusnya terdiri atas industri hulu dan industri hilir. Tetapi kenyataannya sejak awal berdiri pada tahun 1960 sampai sekarang, industri baja hulu tidak pernah selesai dalam menangani permasalahan kebutuhan baja di industri hilir yang akibatnya berdampak kepada kebergantungan terhadap produk baja *import*. Hal tersebut dibuktikan dengan masih banyaknya *import* baja yang membanjiri pasar nasional sampai sekarang. Sangat disayangkan, sebagai negara yang kaya akan bahan baku pembuatan baja, Indonesia belum mampu mengolah bahan baku tersebut menjadi produk yang lebih bernilai dan imbasnya adalah untuk mengisi kebutuhan industri baja hilir, Indonesia harus mengimport produk baja hulu untuk di olah di dapur industri baja hilir.



(Sumber: Kementerian Perindustrian, 2014)

**Gambar 1.1** Pemenuhan Konsumsi Baja Nasional

Sejarah perbandingan antara produksi baja nasional dan baja *import* dalam memenuhi kebutuhan konsumsi baja nasional di industri pengkonsumsi baja ditunjukkan oleh Gambar 1.1. Keberadaan Industri Baja Hulu dan Baja Hilir di Indonesia tidaklah seimbang dan hal tersebut menjadi peluang bagi siapa saja untuk mengisi kekosongan kebutuhan di Industri Baja Hulu. Ketidakmampuan Industri Baja Hulu Nasional dalam menumbuhkan angka produksinya sesuai kebutuhan di Industri Hilir inilah yang membuat Indonesia terpaksa mendatangkan produk baja *import* sebagai pemain di pasar baja nasional.



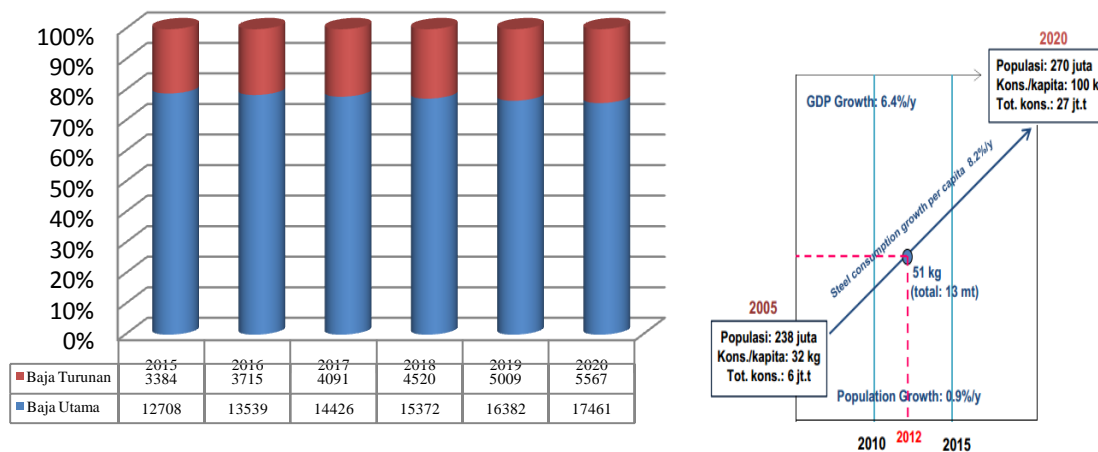
(Sumber: Kementerian Perindustrian, 2014)

**Gambar 1.2** Proyeksi Konsumsi dan Produksi Baja Nasional

Skema hubungan proyeksi antara produksi baja nasional dalam memenuhi kebutuhan baja nasional ditunjukkan oleh Gambar 1.2. Gap antara produksi dan

konsumsi di Industri Baja Hulu Nasional di masa yang akan datang memperlihatkan suatu ketidakseimbangan dalam memenuhi kebutuhan baja Nasional. Pada tahun-tahun yang akan datang, kebutuhan akan baja terus naik tetapi hal tersebut tidak diimbangi dengan kenaikan produksi Baja Hulu Nasional dan membuat serapan baja *import* semakin bertambah yang memungkinkan pada suatu saat bisa jadi Industri Baja Hulu Nasional akan mati.

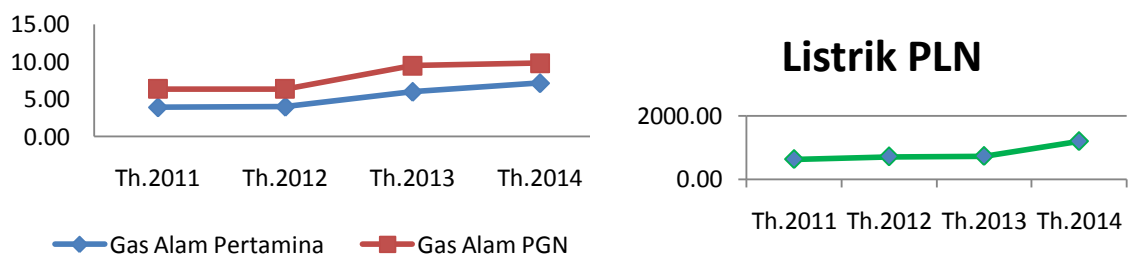
Prediksi pertumbuhan permintaan baja nasional yang diolah oleh PT X ditunjukkan oleh Gambar 1.3. Diketahui bahwa kebutuhan baja nasional baik baja utama maupun baja turunan terus mengalami pertumbuhan yang signifikan naik setiap tahunnya. Dari tahun 2005 total konsumsi sejumlah 6 juta ton, maka di tahun 2020 diprediksi meningkat menjadi total konsumsi 27 juta ton. Hal ini diidentifikasi adanya hubungan yang sangat erat antara produk baja primer (utama) dan baja turunan. Dengan menguasai sektor Industri Baja Utama barang tentu akan mudah bagi Indonesia untuk menyelesaikan permasalahan industri baja turunan karena keduanya memiliki keterikatan saling ketergantungan yang sangat erat.



Data-data masa lalu dan proyeksi yang telah dilakukan mengenai Industri Baja Nasional, memperlihatkan tatanan kondisi Industri Baja Nasional dalam tatanan mengkhawatirkan. Jika saja Indonesia mampu menyikapi industri baja hulunya dengan baik salah satunya dengan mengolah bahan baku domestik sehingga mampu

menghemat devisa negara, maka bukan hal yang mustahil jika Indonesia mampu mengurangi ketergantungan terhadap baja *import*. Berkurangnya ketergantungan tentu akan sangat menguntungkan bagi Indonesia sendiri untuk terus memajukan aset perekonomian negara.

Permasalahan yang ada dalam Industri Baja Hulu Nasional sebenarnya terletak pada kinerja industri baja yang memiliki nilai harga pokok penjualan yang tinggi. Hal tersebut merupakan imbas dari adanya investasi yang sedikit sehingga Indonesia belum mampu untuk membangun sarana pra sarana teknologi yang lebih canggih. Akibatnya kemampuan produksi yang dihasilkan masih jauh dari kebutuhan sebenarnya dan membuat harga jual baja masih mahal, ditambah tingginya harga listrik yang membuat biaya produksi semakin mahal. Proyeksi kenaikan harga listrik ditunjukkan oleh Gambar 1.4 yang menunjukkan bahwa harga listrik setiap tahunnya terus mengalami kenaikan.



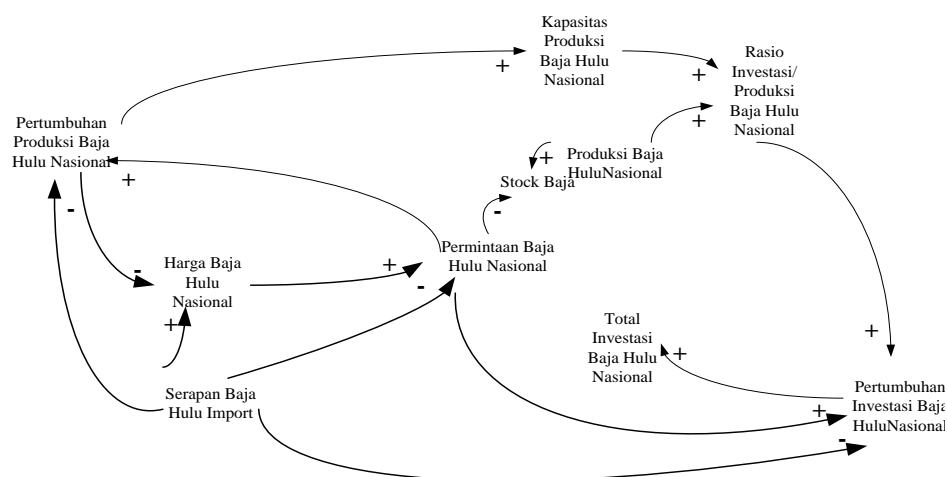
(Sumber: PT X, 2013)

**Gambar 1.4** Kenaikan Harga Listrik dan Gas Alam

Penelitian terdahulu di sektor Industri Baja pernah dilakukan oleh Xiang Yin dan Wenying Chen (2013) dengan judul *Trend and Development of Steel Demand in China: A Bottom Up Analysis*. Dengan menggunakan bottom up menggunakan pendekatan ekonometrika, Yin meramalkan permintaan baja di semua sektor Industri pengkonsumsi Baja di China yang dihasilkan akan terus meningkat sampai tahun 2025 dan kemudian menurun pada tahun 2050. Kekurangan dari penelitian ini adalah, Yin hanya memfokuskan penelitian di industri hilir sebagai sarana pemenuhan konsumsi di setiap Industri, tetapi Yin tidak membahas mengenai industri hulu sebagai suatu

sistem yang membantu kontribusi dalam memenuhi kebutuhan baja di sektor industri pengkonsumsi. Penelitian ini tentu cocok diterapkan di China, sebab China sudah mampu membangun Industri Hulunya dengan baik sehingga dapat memenuhi kebutuhan baja di industri hilir, sehingga China hanya memerlukan suatu proyeksi untuk kebutuhan baja Hilir di masa yang akan datang.

Penelitian ini akan difokuskan pada Industri Baja Hulu. Dimana industri baja hulu ini memiliki peran yang sangat besar sebagai fondasi pengokohan Industri Baja hingga mampu menyuplai kebutuhan industri pengkonsumsi. Sistem dinamik dinilai merupakan alat yang paling tepat untuk saat ini dalam membantu mengatasi kompleksitas yang terjadi di industri baja. Sistem dinamik menyajikan hubungan banyak variabel yang terikat dan saling mempengaruhi satu sama lain. Kekomplekan sistem inilah yang menjadikan sistem dinamik menjadi sarana untuk perhitungan yang lebih tepat hingga mampu memberikan kebijakan untuk perkembangan Industri Baja di masa yang akan datang. Hubungan secara garis besar, permasalahan yang terjadi di Industri Baja dapat dilihat pada Gambar 1.5.



**Gambar 1.5** Ilustrasi Hubungan Keterkaitan antara variabel-variabel yang berpengaruh dalam sistem Industri Baja Hulu Nasional

Ilustrasi pada Gambar 1.5 memperlihatkan bahwa faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan Industri Baja Hulu Nasional adalah adanya serapan baja *import*. Menurut Kepala Produksi PT.Ispat Indo, serapan baja *import* sangat

mempengaruhi pertumbuhan produksi baja nasional, dimana sekarang banyak Industri Baja Nasional yang tutup karena merugi dan hal tersebut juga berlaku pada Industri Baja Hulu Nasional. Persaingan baja *import* juga berimbas pada permintaan baja nasional, dimana jika permintaan baja nasional terus turun, maka stok baja nasional akan cenderung tetap atau turun sedikit yang pada akhirnya produksi baja akan dihentikan dan harga baja akan diturunkan untuk mengurangi stok gudang, dan hal tersebut akan berimbas pada kerugian di industri baja nasional. Serapan baja *import* tentu akan ikut mengganggu pertumbuhan investasi baja Nasional, dimana jika serapan *import* terus melambung, maka pertumbuhan investasi di Industri Baja barang tentu tidak meningkat, bahkan bisa dalam angka minus. Karena alasan inilah, peran pemerintah untuk membatasi serapan baja import sangat penting, hal tersebut perlu perhitungan secara akurat. Adanya peningkatan akan permintaan baja nasional tentu akan berimbas positif terhadap pertumbuhan investasi baja Nasional. Dimana jika permintaan baja nasional meningkat melebihi kapasitas yang ada serta melebihi stock yang ada, maka produksi baja nasional akan bertambah, dan otomatis kapasitas baja nasional bertambah.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah dari latar belakang yang telah dijabarkan, didapatkan perumusan masalah adalah bagaimana instrumen yang tepat agar dapat membantu Industri Baja Nasional dalam mengantisipasi harga baja nasional.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah menskenariokan suatu model simulasi dinamik yang mampu menentukan kebijakan yang dapat meningkatkan keunggulan bersaing Industri Baja Nasional.

## **1.4 Batasan Penelitian**

Batasan masalah yang dicanangkan oleh penelitian ini adalah

1. Serapan Industri Baja Hulu dalam memenuhi kebutuhan Baja Nasional

2. Industri Baja Hulu memiliki peran yang strategis dan mempunyai pengaruh *trickle down effect* pada Industri Baja Hilir.

### **1.5 Asumsi Penelitian**

Asumsi penelitian yang diberikan disini adalah komposisi bahan baku pembentuk baja pada penelitian ini, akan menghasilkan kualitas baja yang sama.

### **1.6 Manfaat penelitian**

Manfaat yang diperoleh dalam penulisan tesis ini antara lain:

1. Bagi produsen dan *retailer*  
Pada hasil yang diberikan akan memberikan skenario kebijakan yang dapat membantu menstabilkan harga baja Nasional.
2. Bagi industri pengkonsumsi baja  
Industri pengkonsumsi baja dapat mendapatkan baja Nasional dengan harga stabil
3. Bagi Pemerintah  
Hasil dapat digunakan sebagai acuan membuat kebijakan berupa skenario yang dapat menentukan arah kebijakan dari skema yang telah ditentukan.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Penulisan tesis ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

Bab I. Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan, dan batasan masalah, serta asumsi serta tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian.

Bab II. Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan tentang latar belakang industri baja yang ada di Indonesia, Landasan tentang industri pengkonsumsi baja yang diteliti. Menjelaskan tentang sistem dinamik. Menjelaskan tentang penelitian sebelumnya.

### Bab III. Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah sistematis yang akan dilakukan pada penelitian yang dirangkum dalam suatu skema diagram alir.

### Bab IV. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab ini menjabarkan tentang tahap pengumpulan data yang dibutuhkan, pengolahan data serta menetapkan parameter yang dibutuhkan untuk menemukan solusi penyelesaian masalah agar dapat membangun strategi baru yang dibutuhkan.

### Bab V. Simulasi, Analisi dan Interpretasi

Bab ini akan menjelaskan tentang simulasi dan analisis yang dilakukan dari simulasi yang dibuat. Simulasi dibentuk berdasarkan skenario yang dibuat. Alternatif yang dibuat hasilnya akan dibandingkan dengan kemampuan perusahaan baja Indonesia dalam memproduksi baja yang dibutuhkan dimasa yang akan datang, harga baja di Indonesia dan luar negeri, mempertimbangkan sumber daya alam yang dibutuhkan dalam bahan baku pembuatan baja dan energi yang dikonsumsi.

### Bab VI. Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan menarik kesimpulan dari hasil analisa yang telah dilakukan, menemukan kelemahan dari hasil yang diperoleh agar nantinya akan menjadi saran untuk penelitian lebih lanjut.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab pendahuluan berisikan penjelasan dan pembahasan teori-teori yang menunjang pelaksanaan penelitian tesis yang dilakukan. Teori-teori bersumber dari literature penelitian-penelitian terdahulu, jurnal dan artikel. Adapun tinjauan pustaka yang dilakukan adalah sebagai berikut.

#### **2.1 Industri Baja**

Peran pemerintah dalam mendorong kemajuan sektor industri ke depan telah dilakukan secara terencana dalam suatu dokumen perencanaan, hal tersebut sesuai dengan Undang-Undang No.3 Tahun 2014 tentang perindustrian. Dokumen tersebut yang nantinya akan menjadi pedoman dalam menentukan kebijakan pemerintah untuk pembangunan sektor industri dalam pembangunan industri nasional.

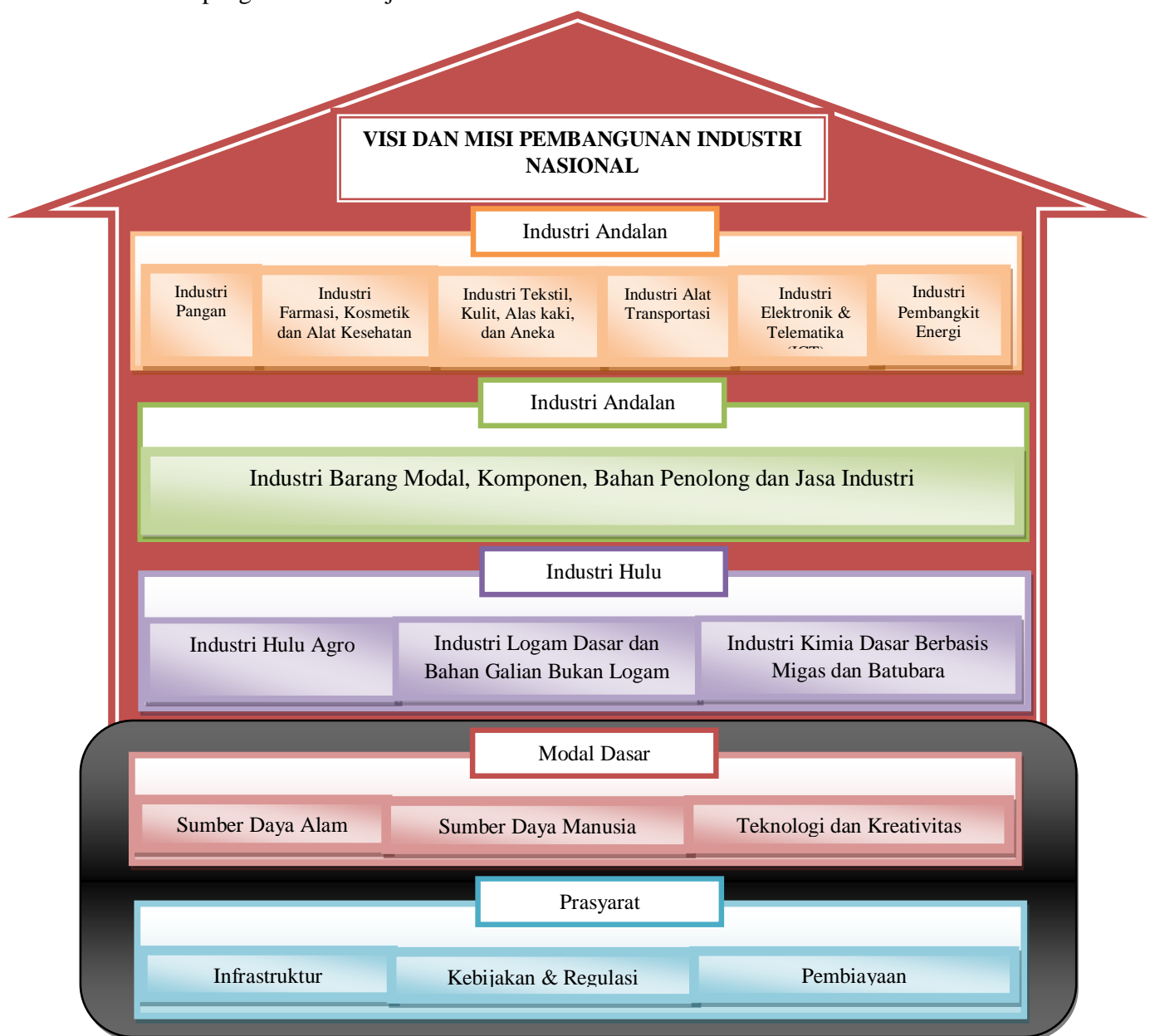
Pada Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) telah dibentuk 10 industri yang menjadi prioritas dalam industri andalan, industri pendukung dan industri hulu dimana ketiga kelompok tersebut akan memerlukan modal dasar berupa sumber daya alam, sumber daya manusia, teknologi, inovasi dan kreativitas.

Industri baja merupakan salah satu bagian dari logam dasar yang termasuk bagian dari industri hulu. Sektor ini memainkan peran utama dalam memasok bahan-bahan baku untuk pembangunan di berbagai bidang, mulai dari penyediaan infrastruktur (gedung, jalan, jembatan, jaringan listrik dan telekomunikasi), produksi barang modal (mesin pabrik dan material pendukung serta suku cadangnya), alat transportasi (kapal laut, kereta api beserta relnya dan otomotif), hingga persenjataan. Karena perannya yang sangat penting, maka keberadaan Industri baja menjadi sangat strategis untuk kemakmuran suatu Negara. Indonesia sendiri seharusnya memiliki potensi besar dalam mengembangkan industri baja.

Cakupan Industri baja juga terbilang cukup luas, yakni dimulai dari hulu ke hilir. Pada bagian hulu dimulai dari proses hasil tambang berupa pasir besi dan bijih besi yang diproses menjadi *pellet*. Selanjutnya pada tanur baja diproses untuk

menghasilkan produk baja berupa hasil untuk bahan baku industri hilirnya sebagai produk akhir. Industri baja merupakan industri padat modal, padat teknologi dan memerlukan SDM yang terampil dan ahli dalam perencanaan proses produksi serta pengaturan mesin secara optimal dan efisien. (Kementrian Perindustrian, 2014)

Pada penelitian ini akan dijelaskan tentang Industri hulu dan salah satu Industri pengkonsumsi Baja.



**Gambar 2.1** Bangun Industri Nasional



**Gambar 2.2** Proses Produksi Hulu Baja

### 2.1.1 Sumber Daya Alam Pendukung Industri Baja

**Tabel 2.1** Sumber Daya dan Cadangan Mineral Besi (Sumber: Kementerian Perindustrian, 2014)

Provinsi	Sumber Daya (Ton)			Cadangan (Ton)		
	Besi Laterit	Besi Primer	Pasir Besi	Besi Laterit	Besi Primer	Pasir Besi
Aceh		350000	2897110			
Bangka Belitung		35905485				
Bengkulu			4304641			
DI. Yogyakarta			232812330			169078400
Jambi		165001969				
Jawa Barat	500000		31065027			1302000
Jawa Tengah			9714000			2730000
Jawa Timur			46408353			700000
Kalimantan Barat		293072988			21875000	
Kalimantan Selatan	550297475	171838160			18089105	
Kalimantan Tengah		80069700			28411810	
Kalimantan Timur		18000000				
Kepulauan Riau		50000				
Lampung	2421435	11360993	945429			
Maluku Utara	90790000		581283099	83330000		
NTB		28182	20134			
NTT		726000	668824			
Papua	38303000		1071850000			
Papua Barat	287198000					
Sulawesi Barat		7594	2088000			
Sulawesi Selatan	371536697	58171060	787151332			
Sulawesi Tengah			355331			
Sulawesi Tenggara	437366260			1500000		
Sulawesi Utara		17500000	129058246			
Sumatera Barat		28102295			2432005	
Sumatera Selatan		1600000			7.12	
<b>Total</b>	<b>1778412867</b>	<b>881784427</b>	<b>2900621856</b>	<b>84830000</b>	<b>70807927</b>	<b>173810400</b>

Industri baja menggunakan Sumber Daya Alam dari hasil tambang berupa pasir besi (*iron sand*) dan bijih besi (*iron ore*). Potensi sumber daya pasir besi dan bijih besi di Indonesia terbilang cukup besar yakni sekitar 5.110 juta ton. Sumber daya untuk industri besi baja ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis. (Kementrian Perindustrian, 2014)

1. Bijih Besi Primer atau Magnetit-Hematit

Sumber daya jenis ini mempunyai deposit sebesar 881,8 juta ton yang keberadaannya tersebar di Lampung, Sumatra Barat, Jambi, Belitung, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan dan Sulawesi Selatan. Biji besi jenis magnetit-hematit memiliki kadar bervariasi antara 25%Fe-67%Fe.

2. Biji Besi Laterit

Sumber daya jenis ini memiliki deposit sebesar 1.778,4 juta ton yang keberadaannya tersebar di Kalimantan Selatan, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Maluku Utara dan Papua Barat. Jenis biji besi ini merupakan hasil pelapukan yang banyak didominasi oleh mineral-mineral guikt serta mengandung nikel.

3. Pasir Besi

Sumber daya jenis ini memiliki deposit sebesar 2.121 juta ton yang tersebar di D.I Yogyakarta, Maluku Utara dan Papua. Konsentrasi besi yang signifikan terdiri dari magnetit,  $Fe_3O_4$ , dan juga mengandung sejumlah kecil titanium, silica, mangan, kalsium dan vanadium.

**Tabel 2.2** Perusahaan Pengolahan Bijih Besi Menjadi Besi Spons (Sumber: Kementrian Perindustrian, 2014)

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton)
PT.Meratus Jaya Iron & Steel	Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan	315000
PT.Delta Prima Steel	Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan	100000

## 2.2 Pohon Industri Baja

Rantai nilai industri baja dimulai dari hulu ke hilir. Pada hulu dimulai dari proses hasil tambang berupa pasir besi dan bijih besi. Pada *supply chain* industri baja terdapat pertambangan bijih besi, pasir besi, ferro nikel, batu bara baik untuk bahan energi maupun bahan baku kokas, gas alam, mineral penunjang seperti batu kapur dan dolomit. Selanjutnya pada tanur peleburan baja, bijih besi diproses agar menghasilkan produk baja hulu yang merupakan bahan baku bagi industri baja antara dan seterusnya sampai menjadi produk baja hilir sebagai produk akhir (*end product*). Berdasarkan aliran proses dan hubungan bahan baku serta product, industri baja nasional dibagi menjadi beberapa kelompok. (Kementrian Perindustrian, 2014)

### 2.2.1 Industri Baja Hulu

Industri hulu merupakan industri yang mengolah bahan tambang berupa biji logam menjadi bahan dasar pada proses pemurnian dan proses reduksi. Industri hulu disini terbagi menjadi 2 jalur, yaitu industri pertambangan dan industri penyedia bahan baku. Bahan baku awal dari pembuatan baja adalah biji besi (*iron ore*). Biji besi yang ada di alam biasanya adalah berupa senyawa besi dengan oksigen seperti hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ); limonite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); atau siderite ( $\text{Fe}_2\text{CO}_3$ ). (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2013)

Proses penambangan biji besi tergantung dimana biji besi tersebut ditemukan. Jika biji besi berada dipermukaan bumi maka penambangan yang dilakukan adalah dipermukaan bumi (*open-pit mining*), dan jika besi berada didalam tanah maka penambangan yang dilakukan adalah dibawah tanah (*underground mining*). Karena biji besi yang berada didalam tanah ditemukan berbentuk senyawa yang bercampur dengan kotoran-kotoran lainnya, maka sebelum dilakukan peleburan biji besi, terlebih dahulu akan dimurnikan untuk mendapatkan konsentrasi sebesar (25-40%) dengan proses *crushing*, *screening*, dan *washing*. Tahap selanjutnya adalah meningkatkan pemurniannya menjadi (60-65%), proses ini juga untuk mempermudah dalam penanganan ke tahap berikutnya. Proses benifikasi dalam peningkatan kadar Fe (60-65%), adalah sebagai berikut: (Daryus, 2008)

1. Proses penghancuran (*crushing*)

Tahap pada proses ini adalah bahan baku yang berbentuk batuan atau pasir dihancurkan pada *mesh* 10.

2. Proses Penghalusan (*grinding*)

Pada proses ini, butiran halus biji besi dipisahkan dari kotoran atau mineral sampai 120 *mesh*.

3. Proses Pemisahan (*magnetic separator*)

Proses ini adalah memisahkan material logam dan non logam dengan pencucian menggunakan air pada mesin silender yang dilapisi magnet.

4. Proses Pemanggang (*roasting*)

Pada proses ini, jika biji besi banyak mengandung biji hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) maka akan diubah menjadi magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

5. Proses Kalsinasi (*rotary dryer*)

Proses kalsinasi diperuntukkan untuk mengurangi air dalam material.

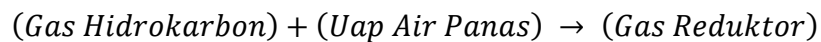
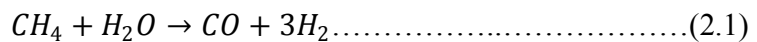
6. Proses Pembuatan Pellet (*pan palletizer*)

Pada proses ini biji besi, batu bara, binder bentonit dan air dimasukkan dalam *mixer agitator* berupa mesin *pelletizing* sebesar setengah drum bejana untuk membuat pellet basah yang kemudian dicetak menjadi bola-bola kecil berdiameter 12,5 – 20 mm. Pada proses ini, fungsi binder bentonit adalah konsentrat besi oksida halus yang dapat merekat membentuk gumpalan-gumpalan dan batubara berfungsi sebagai peningkatan kadar besi (reduksi internal untuk proses lebih lanjut).

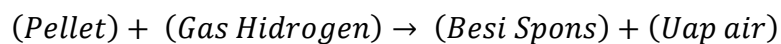
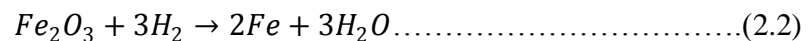
Setelah proses pelletisasi, tahap selanjutnya adalah proses reduksi. Proses ini dimaksudkan untuk menghilangkan ikatan oksigen dari biji besi yang dilakukan. Proses reduksi disini memerlukan gas hidrogen atau karbon monoksida ( $\text{CO}$ ). Proses reduksi terbagi menjadi 2 yaitu proses reduksi langsung dan reduksi tidak langsung. (Daryus, 2008)

### 1. Proses Reduksi Langsung (*Direct Reduction Iron*)

Proses ini digunakan untuk merubah pellet menjadi besi spons (*sponge iron*) yang dilakukan di pabrik besi spons dengan menggunakan teknologi Hyl (teknologi gas dengan bahan utama pellet). Gas reduktor yang digunakan disini adalah berupa gas hidrogen atau gas CO yang dihasilkan dari pemanasan gas alam cair (LNG) dengan uap air didalam suatu reaktor melalui proses kimia.

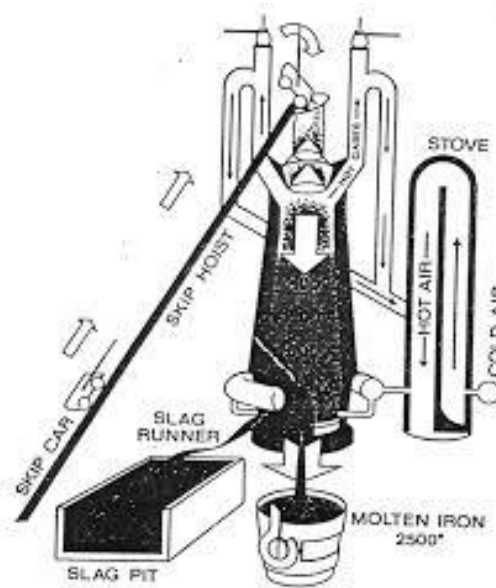


Penggunaan gas CO atau hidrogen dari persamaan diatas maka proses reduksi terhadap pellet biji besi dapat dicapai melalui proses kimia berikut.



### 2. Proses Reduksi Tidak Langsung (*Blast Furnace*)

Proses ini dilakukan pada tungku peleburan atau disesbut tanur tinggi (*Blast Furnace*). Pada proses ini, biji besi hasil penambangan dimasukkan ke dalam tanur tinggi dan didalam tanur tinggi tersebut dilakukan proses reduksi tidak langsung. (Daryus, 2008)



**Gambar 2.3.** Kontruksi sebuah tanur tinggi (*Blast Furnace*) (Sumber: Daryus, 2008)

Proses ini menggunakan bahan bakar batubara yang telah dikeringkan (kokas). Kokas memiliki kandungan karbon (C) diatas 80%, yang disini berfungsi tidak hanya sebagai bahan bakar tetapi juga sebagai pembentuk gas CO yang digunakan sebagai reduktor. Untuk melakukan proses pembakaran maka ke dalam tanur tersebut ditiupkan udara dengan menggunakan *blower* sehingga akan terjadi proses oksidasi sebagai berikut.



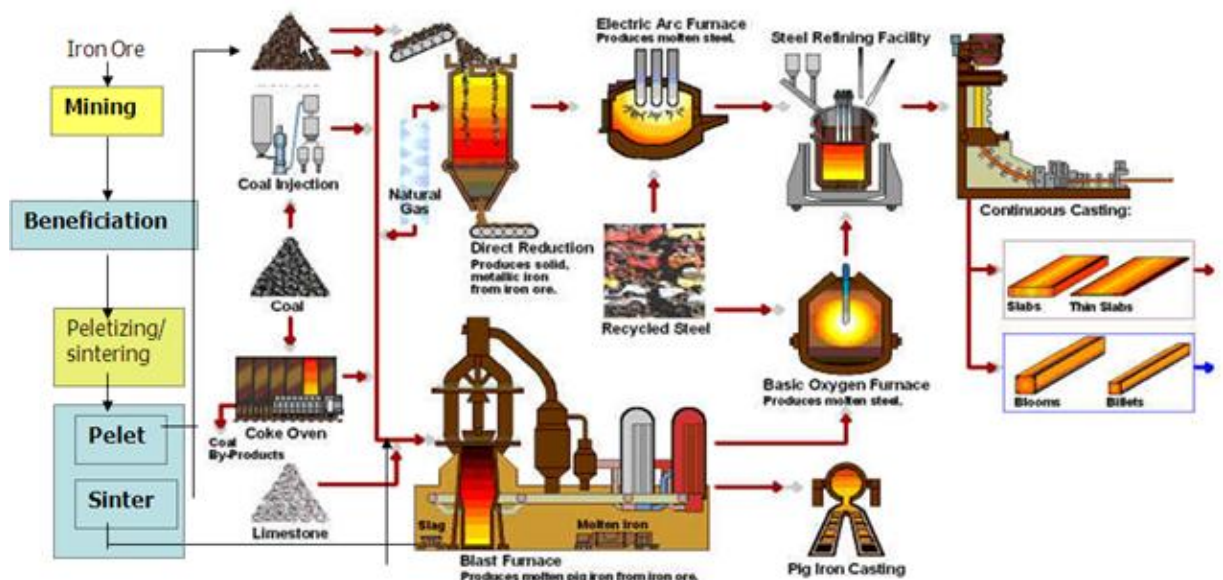
Gas CO yang terjadi dimaksudkan untuk dapat memberikan reaksi reduksi biji yang dimasukkan ke dalam tanur. Sedangkan panas yang ditimbulkan berguna untuk mencairkan besi yang telah direduksi.

Tahap selanjutnya yaitu memasukkan batu kapur (Limestone) ke dalam tanur yang digunakan untuk mengurangi kotoran-kotoran (impuritas) dari logam cair. Batu kapur disini akan membentuk terak (*slag*) dan akan mengikat kotoran-kotoran yang ada didalam logam cair. Karena berat jenis terak lebih ringan dibandingkan cairan besi maka terak akan terangkat ke permukaan logam cair sehingga dapat dikeluarkan melalui lobang terak.

Proses tanur akan menghasilkan besi kasar (*pig iron*). Besi kasar adalah bahan dasar dari pembuatan baja tuang (*cast iron*) dan baja (*steel*). Komposisi kimia dari unsur-unsur pepadu dalam besi kasar ini terdiri dari 3-4% C; 0,06-0,1% S; 0,1-0,5% P; 1-3% Si dan sejumlah unsure-unsur lainnya, sebagai bahan impurisari. Tingginya kadar karbon, maka besi kasar memiliki sifat yang rapuh dengan kekuatan rendah serta menampakkan wujud seperti grafit.

Proses pembuatan baja tuang dimulai dari besi kasar yang dicetak ke dalam bentuk lempengan-lempengan (*ingot*) yang kemudian dilebur kembali ke pabrik pengecoran (*foundry*). Sedangkan pada pembuatan baja, besi kasar dalam keadaan cair langsung dipindahkan dari tanur tinggi ke dalam tungku peleburan yang biasanya menggunakan alat BOF (*Basic Oxygen Furnace*) atau EAF (*Electric Arc Furnace*). (Sumber: Daryus, 2008)





**Gambar 2.4.** Proses Pembuatan Baja

(Sumber: <https://tsffarmasiunsoed2012.wordpress.com/2012/05/24/proses-pembuatan-baja-karbon/>)

Pada komposisi kimia antara baja tuang dan baja karbon terlihat tidak ada perbedaan unsur-unsur yang terkandung didalamnya. Perbedaannya terdapat pada kadar karbon (C) dan Silikon (Si) pada kedua elemen ini lebih tinggi pada baja tuang. Dilihat dari sistem paduan, maka baja karbon memiliki sistem Fe-C, sedangkan untuk baja tuang memiliki sistem Fe-C-Si.

Adanya perbedaan kadar C dan Si ini membuat struktur dan sifat baja tuang berbeda dengan struktur dan sifat-sifat baja karbon. Struktur baja tuang pada umumnya terdapat grafit dimana membuat baja tuang memiliki sifat kurang kuat dan rapuh sedangkan baja pada umumnya memiliki sifat lebih kuat dan lebih ulet.

Perbedaan kadar C dan Si juga menyebabkan titik lebur baja tuang lebih rendah dibandingkan baja, sehingga proses peleburannya berbeda. Berikut adalah penjelasan singkat cara peleburan baja tuang dan baja.

#### 1. Proses Peleburan Baja tuang

Peleburan baja tuang dilakukan dalam tungku yang disebut kupola. Bentuk dan konstruksi dari kupola hampir mirip dengan konstruksi *blast furnace*. Bahan baku yang dilebur adalah ingot besi kasar yang dihasilkan dari tanur tinggi, ditambah *scrap*

baja ataupun *scrap* baja tuang (*return scrap*). Untuk menaikkan kadar Si dan Mn dalam baja tuang karena sebagian dari kedua unsure tersebut berkurang ketika proses oksidasi peleburan, maka akan ditambahkan ferrosilikon (FeSi) dan feromangan (FeMn). (Daryus, 2008)

Bahan bakar yang digunakan adalah kokas yang dimasukkan ke dalam kupola dan bergantian dengan muatan logam. Proses pembakaran terjadi dengan meniupkan udara ke dalam kupola dengan menggunakan *blower*. Pada proses ini perbandingan muatan logam, bahan bakar dan kebutuhan udara harus dijaga untuk mendapat proses peleburan yang baik.

Proses peleburan baja tuang menggunakan kupola berlangsung secara kontinyu yang artinya begitu muatan logam mencair maka langsung mengalir keluar tungku. Logam cair yang keluar melalui kupola akan ditampung pada alat perapian depan (*forehearth*) yang kemudian diangkut dengan menggunakan ladle untuk dituang ke dalam cetakan. Proses peleburan dengan menggunakan kupola sering kali sulit dalam mengatur komposisi kimia. Hal tersebut membuat daerah komposisi kimia yang dihasilkan menjadi lebar dan memberikan variasi terhadap kualitas produk. Kekuarangan lainnya dengan peleburan menggunakan kupola adalah logam cair mudah mengalami kontaminasi oleh sulfur dan unsur-unsur lainnya yang disebabkan oleh bahan bakar kokas. Pengotoran karena sulfur ini akan menurunkan sifat-sifat baja tuang.

Adanya kekurangan peleburan dengan menggunakan kupola maka banyak pabrik pengecoran menggunakan tungku listrik. Jenis tungku listrik yang digunakan adalah tungku induksi. Bahan baku yang dilebur pada umumnya tidak menggunakan besi kasar melainkan sebagian besar berupa *scrap* baja atau *scrap* baja tuang. Peleburan dengan tungku ini dapat menghasilkan logam cair yang lebih konsisten dengan kadar impuritas yang lebih rendah karena bahan baku yang dilebur biasanya berupa *scrap* baja, untuk menaikkan kadar karbon agar mencapai kadar yang sesuai untuk baja tuang, maka akan dimasukkan sejumlah arang kayu ke dalam tungku.

Dalam pemakaian di industri, ada tiga jenis baja tuang yang banyak digunakan, yaitu baja tuang kelabu (*grey cast iron*), baja tuang ulet atau baja tuang

nodular (*nodular cast iron*) dan baja tuang putih (*white cast iron*). Ketiga jenis baja tuang ini memiliki komposisi kimia yang hampir sama yaitu 2,55-3,5% C; 1-3% Si; Mn < 1%; 0,05-0,1% untuk S dan P.

## 2. Proses Peleburan Baja

Proses peleburan baja biasa menggunakan bahan baku berupa besi kasar (*pig iron*) atau berupa besi spons. Bahan baku lainnya yang digunakan adalah *scrap* baja dan bahan penambah seperti ingot ferrosilikon, ferromangan dan batu kapur. Proses peleburan dapat dilakukan dengan tungku BOF (*Basic Oxygen Furnace*) atau pada busur listrik atau disebut EAF (*Electric Arc Furnace*). Tanpa memperhatikan tungku atau proses yang diterapkan, proses peleburan baja pada umumnya memiliki tiga tujuan utama, yaitu: (Daryus, 2008)

- 1) Mengurangi sebanyak mungkin bahan impuritas
- 2) Mengatur kadar karbon agar sesuai tingkat grade/ spesifikasi baja yang diinginkan.
- 3) Menambah elemen-elemen padu yang diinginkan

### a. Proses Peleburan Baja Menggunakan BOF

Konstruksi peleburan menggunakan BOF relative sederhana, bagian luarnya dibuat dari pelat baja sedangkan dinding bagian dalamnya dibuat dari bata tahan api (*firebrick*). Kapasitas BOF juga bervariasi antara 35 ton sampai 200 ton. Bahan utama yang digunakan pada proses peleburan menggunakan BOF adalah besi kasar cair (65-85%), skrap baja (15-35%), batu kapur dan gas oksigen (kemurnian 99,5%). Keunggulan peleburan menggunakan BOF dapat dilihat dari segi waktu yang relative singkat yaitu hanya berkisar 60 menit untuk setiap proses peleburan.

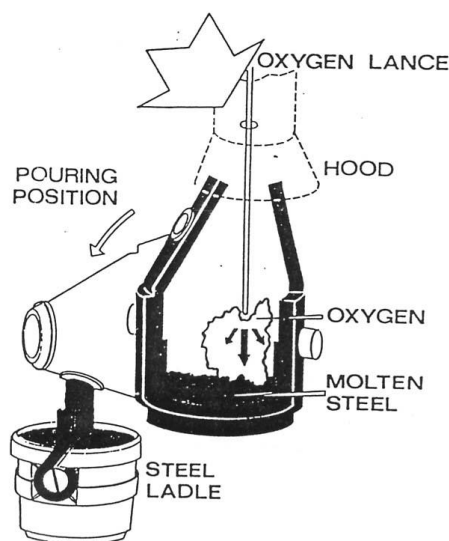
Tingkat efisien tinggi yang dimiliki BOF dikarenakan adalah pemakaian gas oksigen dengan kemurnian tinggi sebagai gas oksidator utama untuk memurnikan baja. Gas oksigen dialirkan ke dalam tungku melalui pipa pengalir (*oxygen lance*) dan bereaksi dengan cairan logam di dalam tungku. Gas oksigen disini akan mengikat karbon dari besi kasar yang berangsur-angsur turun sampai mencapai tingkat baja

yang dibuat. Disamping itu, selama proses oksidasi berlangsung akan terjadi panas yang tinggi sehingga dapat menaikkan temperature logam cair sampai diatas 1650 °C.

Pada saat oksidasi berlangsung, di dalam tungku akan ditambahkan batu kapur. Batu kapur tersebut kemudian mencair dan bercampur dengan bahan-bahan impuritas (termasuk bahan-bahan yang teroksidasi) membentuk kerak yang terapung diatas baja cair.

Bila proses oksidasi selesai, aliran oksigen akan dihentikan dan pipa pengalir oksigen diangkat atau dikeluarkan dari tungku. Tungku BOF selanjutnya dimiringkan dan benda uji dari baja cair diambil untuk dilakukan analisa komposisi kimia.

Jika komposisi kimia telah tercapai sesuai yang diharapkan, selanjutnya akan dilakukan penuangan (*tapping*). Penuangan tersebut dilakukan ketika temperature baja cair sekitar 1600 °C. Penuangan dilakukan dengan kemiringan perlahan-lahan sehingga cairan baja akan tertuang masuk ke dalam ladel. Di dalam ladel ini kemudian dilakukan *skimming* untuk membersihkan terak. Dari permukaan baja cair dan proses perlakuan baja cair (*metal treatment*). *Metal treatment* tersebut terdiri dari proses pengurangan impuritas dan penambahan elemen-elemen pepadu atau lainnya dengan maksud untuk memperbaiki kualitas baja cair sebelum dituang ke dalam cetakan.



**Gambar 2.5.** Sketsa Sebuah Tungku BOF (Sumber: Daryus, 2008)

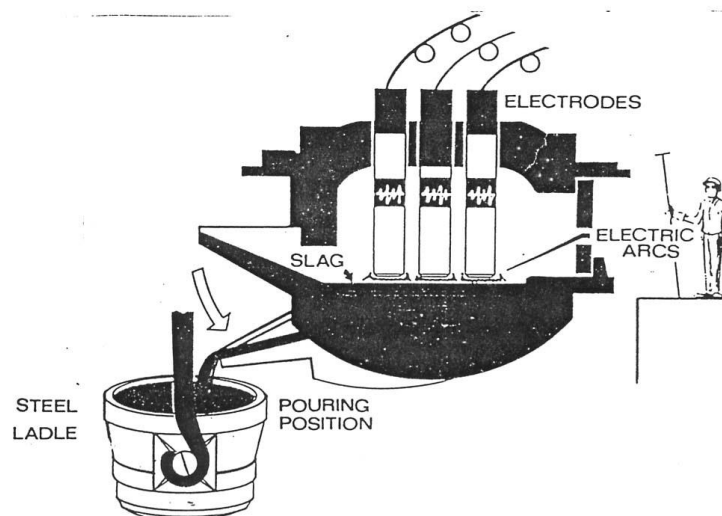
b. Proses Peleburan Baja Menggunakan EAF

Proses peleburan baja dengan EAF menggunakan energy listrik. Panas yang dihasilkan dari bususr listrik yang terjadi pada ujung bawah dari elektroda. Energi panas yang terjadi sangat bergantung pada jarak antara elektroda dengan muatan logam di dalam tungku. Bahan elektroda biasanya dibuat dari karbon atau grafit. Kapasitas tungku EAF dapat berkisar 2-200 ton dengan waktu peleburan 3-6 jam. (Daryus, 2008)

Bahan baku peleburan berupa besi spons (*sponge iron*) yang dicampur dengan scrap baja. Penggunaan besi spons dimaksudkan untuk menghasilkan kualitas baja yang lebih baik. Tetapi dalam banyak hal (terutama untuk pertimbangan biaya) bahan baku yang dilebur seluruhnya berupa skrap baja, karena skrap baja lebih murah dibandingkan dengan besi spons. Proses selanjutnya adalah penambahan batu kapur, ferosilikon, feromangan.

EAF menerapkan proes basa dan asam. Dimana untuk membuat baja berbentuk corm aka akan digunakan proses asam, sedangkan untuk membuat baja special biasanya digunakan proses basa.

Peleburan baja dengan EAF ini dapat menghasilkan kualitas baja yang lebih baik karena tidak adamy kontaminasi oleh bahan bakar atau gas yang digunakan untuk pemanasannya.



**Gambar 2.6** Sketsa Sebuah Tungku EAF (Sumber: Daryus, 2008)

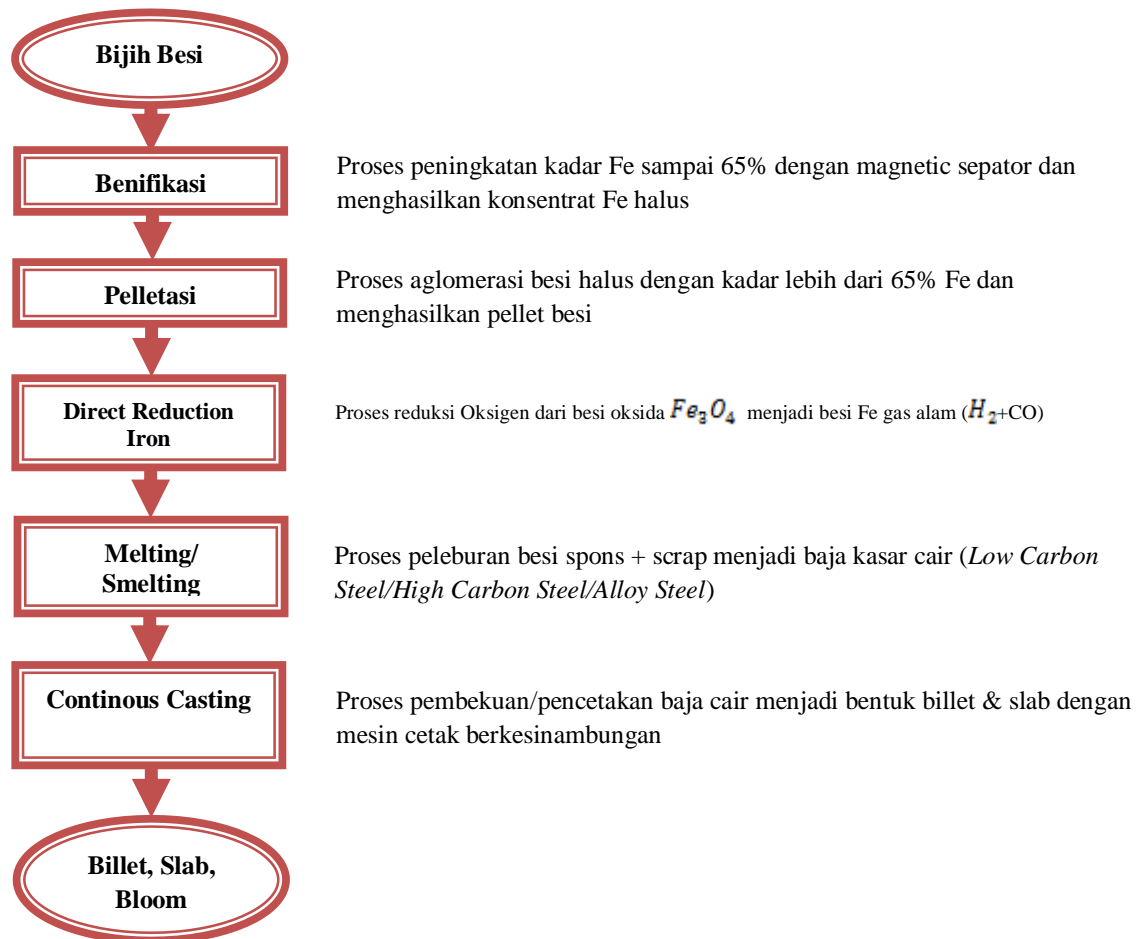
Untuk mendapatkan kualitas baja yang tinggi, maka sebelum cairan baja dituang membentuk ingot atau bentuk lainnya seperti *billet*, *bloom* atau *slab* seringkali dilakukan proses –proses seperti proses *de-oksidasi* atau proses *vacuum-degassing*. (Daryus, 2008)

#### 1. Proses *deoksidasi*

Proses *deoksidasi* dilakukan dengan menambah ferrosilikon dan alumunium ke dalam ladle sesaat sebelum logam cair dituang. Bahan deoksidator disini akan mengurangi pembentukan gas yang disebabkan oleh reaksi karbon dengan oksigen serta mengurangi pembentukan oksida-oksida yang dapat menimbulkan inklusi ketika logam membeku. Berdasarkan tingkat proses deoksidasi yang dilakukan, baja dapat dibagi menjadi empat jenis yaitu : *rimmed steel*, *semikilled steel*, *killed steel* dan *capped steel*.

#### 2. Proses *vacuum-degassing*

Tujuan proses *vacuum-degassing* adalah mengurangi kadar gas hydrogen dalam baja cair sehingga dapat menghindari terbentuknya rongga-rongga udara di dalam baja ketika proses pembekuan. Selain mengurangi kadar hydrogen, proses *vacuum-degassing* juga digunakan untuk menurunkan kadar oksigen dan nitrogen di dalam baja sehingga baja lebih bersih, bebas dari inklusi-inklusi seperti oksida-oksida atau nitrida.



**Gambar 2.7** Bagan Proses Produksi Baja

### 2.2.2 Industri Pengkonsumsi Baja

Industri pengkonsumsi baja merupakan Industri yang menggunakan baja sebagai bahan pembantu dalam menjalankan Industri mereka. Ada 11 Industri yang menggunakan baja yaitu Industri Kereta Api, Industri Minyak dan Gas, Industri Otomotif, Industri Kapal, Industri Kontruksi, Industri Pertanian, Industri Elektronik, Industri Pertahanan, Industri Alat Rumah Tangga, Industri Alat Kesehatan, Industri Pengemas Makanan. Berikut akan dijelaskan tentang Industri Kontruksi sebagai salah satu pengguna baja dengan konsumsi banyak.

Sektor konstruksi memegang peranan sangat penting dalam menunjang kegiatan perekonomian Indonesia karena produk dalam sektor konstruksi merupakan

pusat kegiatan ekonomi seperti bangunan gedung, dan juga sarana dan prasarana infrastruktur seperti pelabuhan, jembatan, bandar udara, jalan, dan bangunan-bangunan irigasi. Meskipun sektor konstruksi bukan sektor utama yang paling banyak membentuk GDP Indonesia, namun sebagian besar pembentuk GDP terbesar di Indonesia seperti kegiatan industri dan manufaktur dilakukan dengan bantuan produk dari sektor konstruksi.

Percepatan pembangunan infrastruktur tersebut di atas dipengaruhi oleh material yang dipilih berdasarkan tujuan pembangunan konstruksi tersebut. Pemilihan akan material pembentuk konstruksi didasarkan kepada kelebihan dan kekurangan material utama dengan berbagai aspek tinjauan sesuai dengan kebutuhan. Pemilihan material tersebut, selain didasarkan atas kebutuhan, juga perkembangan teknologi yang memungkinkan untuk melakukan inovasi di dunia konstruksi, termasuk inovasi dalam pemilihan dan pemakaian material utama pembentuk suatu konstruksi.

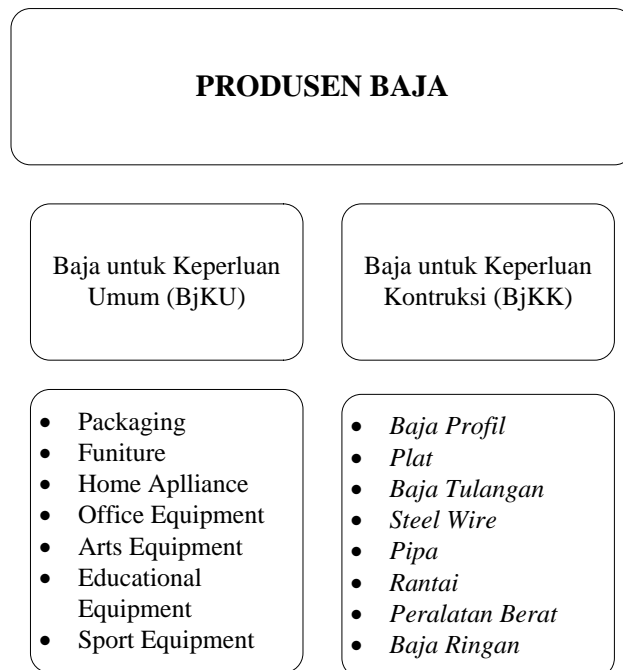
Namun penggunaan baja sebagai material utama pembentuk komponen struktural maupun non struktural belum terlalu populer di Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan konsumsi baja Indonesia yang masih rendah dibandingkan negara-negara lain di ASEAN dengan konsumsi baja 32.9kg/kapita (Republika, 2007). Kemungkinan belum populernya penggunaan baja dibandingkan dengan beton bertulang yang sudah populer di Indonesia kemungkinan disebabkan oleh biaya yang dibayar untuk suatu komponen struktural baja lebih mahal dibandingkan dengan beton bertulang karena upah tenaga kerja untuk aplikasi beton bertulang di Indonesia masih murah jika dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk baja. Biaya total yang dibutuhkan untuk baja lebih besar dari pada biaya total untuk beton bertulang.

Meskipun demikian, penggunaan baja sebagai material utama dalam suatu konstruksi tidak menutup kemungkinan untuk mengalami perubahan dan peningkatan apabila dilakukan inovasi terhadap perencanaan konstruksi dan material itu sendiri. Inovasi yang dilakukan oleh para pemasok baja sebagai penyedia material konstruksi sangat

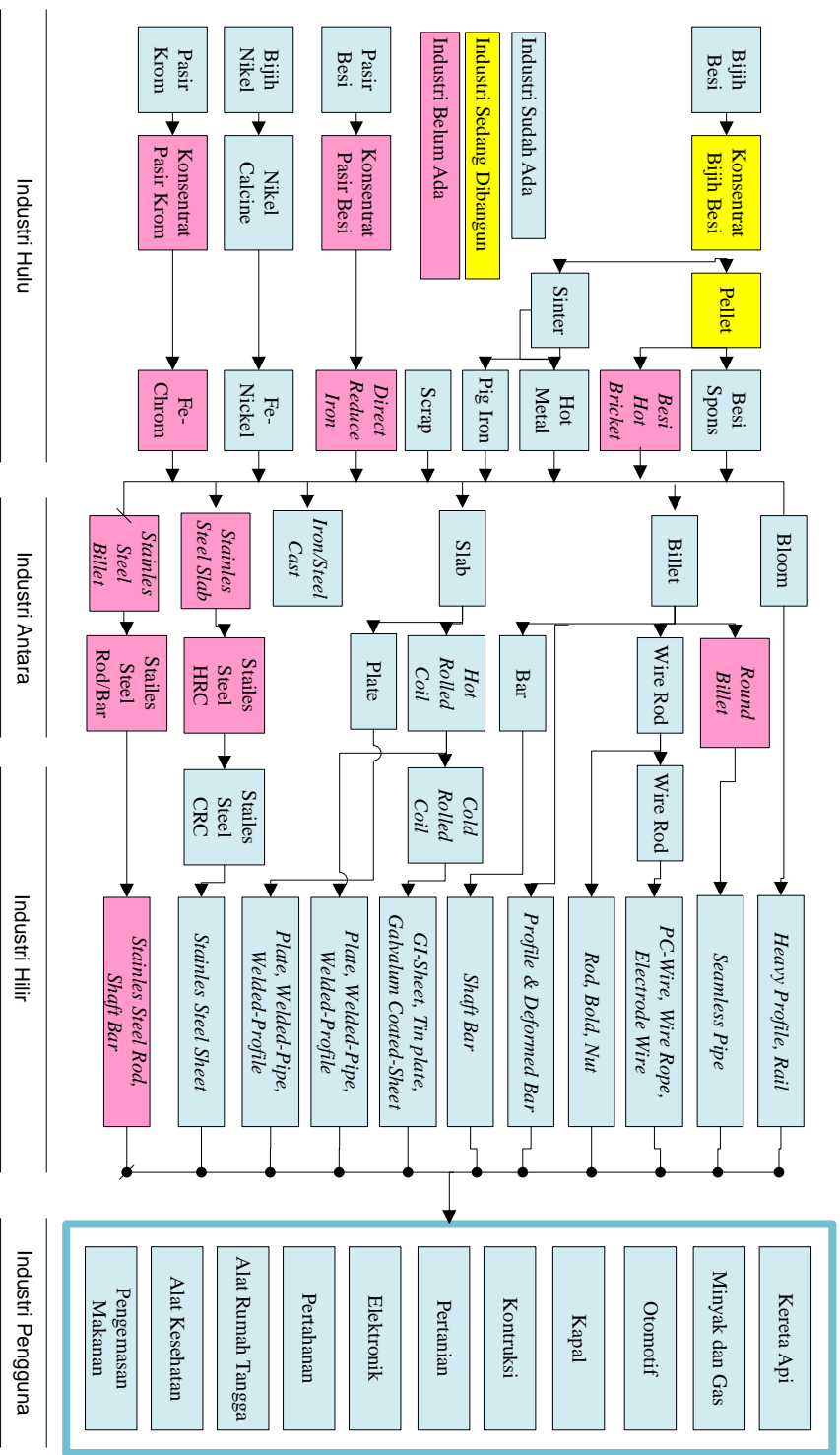


dipengaruhi oleh trend jenis dan profil yang banyak digunakan dalam konstruksi-konstruksi tertentu yang pada umumnya menggunakan baja sebagai salah satu material utamanya. Kebutuhan untuk mengetahui konsumsi baja tersebut dapat dilakukan dengan melakukan kajian terhadap data historis dalam sektor konstruksi. (Kementrian Pekerjaan Umum, 2012)

Pemetaan komoditas baja menurut sektor pemakaiannya dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut.



**Gambar 2.8** komoditas Produk Baja ( Sumber: Republika, 2007)



**Gambar 2.9** Pohon Industri Baja (Kementrian Perindustrian, 2014)

### 2.2.3 Kondisi Industri Baja Saat Ini

#### 1. Jumlah Perusahaan dan Kapasitas Per Industri

Berikut adalah jumlah perusahaan dan kapasitas produsen baja dasar yang ada di Indonesia.

**Tabel 2.4** Jumlah Perusahaan dan Kapasitas Baja Dasar

No	Kelompok	Jumlah Perusahaan	Kapasitas (ribu ton)
1	Slab Baja	1	1850
2	Billet/Ingat/Bloom	40	8770
3	HRC	2	2550

(Sumber: Kementerian Perindustrian, 2014)

**Tabel 2.5** Perkembangan Produksi Produk Baja

No	Kelompok	2009	2010	2011	2012	2013	Utilitasi (%)
1	Slab Baja	940.5	1083.6	1013.5	1166.3	1319.2	71.31
2	Billet/Ingat/Bloom	3123.9	3254.9	3686	4181.2	4616.1	52.63
3	HRC	1773.8	2041.4	2295.3	2471.6	2701.2	1128.3

Dasar (Sumber: Kementerian Perindustrian, 2014)

#### 2. Ekspor Import

Indonesia terbelang hampir belum mengekspor logam dasarnya, hal tersebut dikarenakan jumlah produsen dalam negeri yang masih sangat sedikit, sehingga produk yang dihasilkan juga sedikit dan belum mampu mencukupi konsumsi dalam negeri. Kekurangan produk dilakukan dengan cara import dari Negara lain.

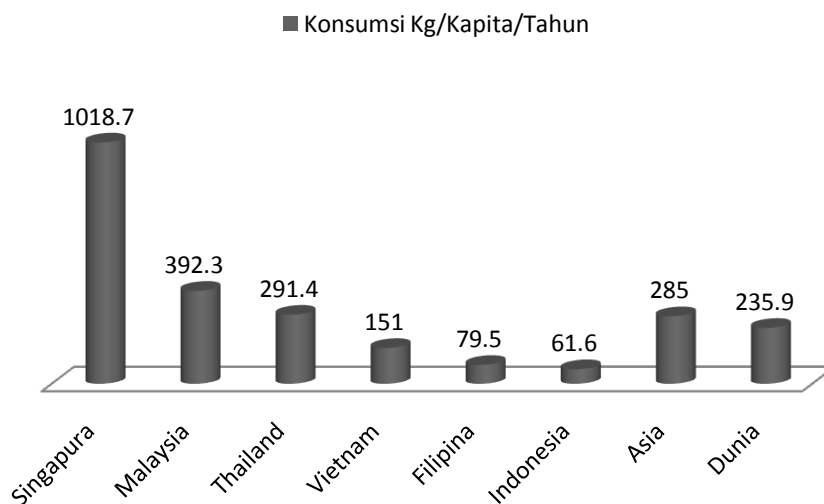
**Tabel 2.6** Import Produk Logam Dasar

No.	Uraian	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	Besi/Baja Dasar (Pellet, Pig Iron & Scrap)	1477.4	639.7	815.9	1195.8	1269.2	1242.5
2	Besi/Baja Kasar (Slab, Billet, Ingot)	2100.4	933.2	1409.5	1561	2395.1	2136.9
3	HRC/Plate	1779.1	864.2	1277.3	2116.8	2383	2046.2
4	CRC/Sheet	1049.6	759	1033.8	1332.5	1349.4	1268
5	Batang & Batang Kawat Baja (Bars & Rod)	698.6	441.3	633.6	823.6	997.9	1040.6

(Kementerian Perindustrian, 2014)

#### 2.2.4 Pasar Baja Nasional

World Steel Association tahun 2014 mencatat pada tahun 2013 konsumsi baja Indonesia sebesar 61.6 kg per kapita per tahun. Angka ini sangat kecil disbanding Negara-negara di Asia Tenggara Lainnya. Untuk menjadi Negara maju, maka Indonesia harus memiliki konsumsi baja per kapita per tahunnya setidaknya sebesar 500 Kg. Dengan rendahnya tingkat konsumsi baja per kapita per tahun, Indonesia terhitung masih memerlukan kapasitas produksi baja sebesar 120 juta ton untuk menopang konsumsi 500 Kg pertahun per kapita. Konsumsi dalam negeri terpenuhi dari hasil produksi dalam negeri dan hasil import. (Kementrian Perindustrian, 2014)



**Gambar 2.10** Grafik Perbandingan Konsumsi Baja Per Kapita  
(Sumber: Kementrian Perindustrian, 2014)

Pada pasar domestik tercatat bahwa baja jenis *Hot Rolled Coils* (HRC), *Hot Rolled Plates*, *Cold Rolled Coils* (CRC), besi beton profil ringan, *wire rod* merupakan pangsa baja yang banyak dikonsumsi dan sektor konstruksi merupakan sektor penyumbang terbesar konsumsi baja nasional yaitu sekitar 80%. Berikut adalah konsumsi dalam negeri yang didapat dari hasil produksi dengan import, dikurangi dengan eksport.

Tabel 2.7 Konsumsi Baja

No.	Uraian	2008	2009	2010	2011	2012
1	<b>Besi/Baja Kasar (<i>Crude Steel</i>)</b>					
	Produksi	4000.2	4064.4	4338.5	4699.5	5347.6
	Eksport	36.1	2.2	13.2	1.5	3.8
	Import	2598.4	2092.5	2402	2495.1	3817.7
	Konsumsi	6562.5	6154.8	6727.3	7193	9161.5
2	<b>Hot Rolled Coils (HRC)</b>					
	Produksi	1665.2	1773.8	2041.4	2295.3	2471.6
	Eksport	46.5	5.7	14.3	23.4	15.5
	Import	1090	600.3	799.3	1326.1	1579.7
	Konsumsi	2708.7	2368.4	2826.4	3598	4035.8
3	<b>Hot Rolled Plates</b>					
	Produksi	834.9	886.3	818.7	848.8	879
	Eksport	719.9	456.6	406.6	371.5	148.5
	Import	502.9	227.9	300.3	582.2	804.2
	Konsumsi	617.9	657.6	712.4	1059.5	1534.7

(Sumber: Kementerian Perindustrian, 2014)

Adanya pertumbuhan ekonomi nasional suatu Negara akan berkorelasi terhadap tingkat konsumsi baja nasional. Hal tersebut dibuktikan dengan ketika pertumbuhan ekonomi Indonesia semakin berkembang, maka jumlah permintaan baja juga akan ikut meningkat. Industri konstruksi adalah industri pengonsumsi baja utama yang paling berpengaruh. Grafik hubungan tingkat pertumbuhan ekonomi dan konsumsi baja ditunjukkan pada grafik pada gambar 2.8. Grafik menunjukkan angka penurunan konsumsi baja pada tahun 2008/2009, dan hal tersebut dilihat dari kaca mata nilai GDP bahwa di tahun tersebut sedang terjadi krisis ekonomi global.

### 2.3 PT X

PT. Krakatau Steel yang bertempat di Cilegon berdiri pada tahun 1970 yang merupakan produsen baja nasional. PT. Krakatau Steel memiliki 6 buah fasilitas produksi yaitu *Direct Reduction Plant*, *Slab Steel Plant*, *Hot Strip Mill*, *Cold Rolling Mill*, *Billet Steel Plant*, *Wire Rod Mill*. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut. (Wibowo, 2011)

## 1. Pabrik Besi Spons (*Direct Reduction Plant*)

Pabrik Besi Spons (*Direct Reduction Plant*) menerapkan teknologi berbasis gas alam dengan proses reduksi langsung menggunakan teknologi Hyl dari Meksiko. Pabrik ini menghasilkan besi spons (Fe) dari bahan mentah berupa pellet bijih besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan menggunakan gas alam ( $\text{CH}_4$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

*Direct Reduction Plant* mempunyai dua buah unit produksi yang menghasilkan 2,3 juta ton besi spons per tahun. Unit produksi pertama yaitu Hyl I yang mulai beroperasi pada tahun 1979. Unit ini beroperasi dengan menggunakan 4 modul *batch* proses dimana setiap modul memiliki dua buah reactor. Kapasitas unit ini sebesar 1.000.000 ton besi spons per tahun.

Unit produksi kedua adalah Hyl III yang operasinya dimulai tahun 1994 dengan menggunakan *2-shafts continous process*. Kapasitas produksi di unit ini adalah 1.300.000 ton besi per tahun.

Rendahnya kandungan residual yang tinggi merupakan keunggulan dari besi spons yang dihasilkan PT. Krakatau Steel. Adanya kandungan karbon yang tinggi menyebabkan proses di dalam *Electric Arc Furnace* (EAF) menjadi lebih efisien.

Fasilitas produksi yang dimiliki oleh Pabrik Besi Spons (*Direct Reduction Plant*) adalah sebagai berikut.

### a. *Electric Arc Furnace*

*Electric Arc Furnace* menghasilkan baja cair dari bahan baku berupa besi spons (*sponge iron*), *iron scrap* dan kapur (*lime*) untuk mengontrol bagian fosfor dan sulfur.

### b. *Ladle Furnace*

Aktivitas utama didalam *Ladle Furnace* adalah sebagai berikut.

- Menurunkan kandungan oksigen dalam baja dengan menggunakan aluminium
- Homogenisasi temperature dan komposisi kimia dengan bubbling Argon
- Menambah alloy untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan

c. *RH Vacuum Degassing*

RH- degasssesr diperlukan untuk memenuhi permintaan produk baja high-grade dari konsumen.

d. *Continous Casting Machine*

Baja slab yang didapat dari proses pencetakan kontinyu (*continous casting*) dimana perlindungan menggunakan gas argon diperlukan antara *ladle* dan *tundish*.

2. Pabrik Slab Baja (*Slab Steel Plant*)

Pabrik Slab Baja (*Slab Steel Plant*) terdiri dari dua buah pabrik. Pabrik pertama adalah SSP-1 dimana teknologi yang diterapkan adalah MAN GHH dari Jerman dan kapsitas produksinya sebesar 1.000.000 ton per tahun, pabrik kedua adalah SPP-2 yang dilengkapi dengan teknologi Voest Alpine dari Australia dan kapasitas produksi yang dihasilkan sebesar 800.000 ton per tahun.

Fasilitas produksi yang dimiliki oleh Pabrik Slab Baja (*Slab Steel Plant*) adalah sebagai berikut. (Wibowo, 2011)

a. *Electric Arc Furnace*

*Electric Arc Furnace* menghasilkan baja cair dari bahan baku berupa besi spons (*sponge iron*), *iron scrap* dan kapur (*lime*) untuk mengontrol bagian fosfor dan sulfur.

b. *Ladle Furnace*

Aktivitas utama didalam *Ladle Furnace* adalah sebgai berikut.

- Menurunkan kandungan oksigen dalam baja dengan menggunakan alumunium
- Homogenisasi temperature dan komposisi kimia dengan bubbling Argon
- Menambah alloy untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan

c. *RH Vacuum Degassing*

RH- degasssesr diperlukan untuk memenuhi permintaan produk baja high-grade dari konsumen.

d. *Continous Casting Machine*

Baja slab yang didapat dari proses pencetakan kontinyu (*continous casting*) dimana perlindungan menggunakan gas argon diperlukan antara *ladle* dan *tundish*. Ukuran slab yang dihasilkan memiliki ketebalan 200mm, lebar 800-2080mm dan panjang maksimum 12000mm.

### 3. Pabrik Billet Baja (*Billet Steel Plant*)

Pabrik Billet Baja (*Billet Steel Plant*) mulai beroperasi pada tahun 1979. Teknologi yang diterapkan adalah teknologi MAN GHH dari Jerman dan kapasitas produksi yang dihasilkan 500.000 ton per tahun. Fasilitas produksi yang dimiliki adalah. (Wibowo, 2011)

#### a. *Electric Arc Furnace*

*Electric Arc Furnace* menghasilkan baja cair dari bahan baku berupa besi spons (*sponge iron*), *iron scrap* dan kapur (*lime*) untuk mengontrol bagian fosfor dan sulfur.

#### b. *Ladle Furnace*

Aktivitas utama didalam *Ladle Furnace* adalah sebagai berikut.

- Menurunkan kandungan oksigen dalam baja dengan menggunakan aluminium
- Homogenisasi temperature dan komposisi kimia dengan bubbling Argon
- Menambah alloy untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan

#### c. *Continous Casting Machine*

Baja slab yang didapat dari proses pencetakan kontinyu (*continous casting*) dimana perlindungan menggunakan gas argon diperlukan antara *ladle* dan *tundish*. Ukuran billet yang dihasilkan adalah 110X110mm dan 120X120mm; 130X130mm dan panjang maksimum mencapai 12000mm.

### 4. Pabrik Baja Lembaran Panas (*Hot Strip Mill*)

Pabrik Baja Lembaran Panas (*Hot Strip Mill*) mulai dioperasikan tahun 1983 dengan menggunakan teknologi SMS dari Jerman. Konfigurasi fasilitas yang digunakan pabrik ini adalah. (Wibowo, 2011)



- a. Reheating Furnace
- b. Sizing Press
- c. Rouhting Mill
- d. Finishing Mill
- e. Laminar Cooling'Down Coiler
- f. Shearing Line
- g. Hot Skin Pass Mill

5. Pabrik Baja Lembaran Dingin (*Cold Rolling Mill*)

Pabrik Baja Lembaran Dingin (*Cold Rolling Mill*) dioperasikan di PT X pada tahun 1991 dan dilengkapi dengan teknologi CLECIM dari Perancis. Pabrik Baja Lembaran Dingin terdiri dari unit-unit produksi (*Line*) sebagai berikut.

- a. *Continous Pickling Line*
- b. *Tandem Cold Mill*
- c. *Electrolytic Cleaning Line*
- d. *Batch Annealing Line*
- e. *Continous Annealing Line*
- f. *Temper Mill*
- g. *Finishing Line*

6. Pabrik Baja Batang Kawat (*Wire Rod Mill*)

Pabrik Baja Batang Kawat (*Wire Rod Mill*) mulai beroperasi pada tahun 1979 dengan menggunakan teknologi 2 Lines Stelmor World Chaster dan Teknologi No Twist Danielly. Pada tahun 1992 dan 1995 telah dilakukan modernisasi pabrik dan pada tahun 1999 mulai dikerjakan proyek penambahan srtand menjadi 2 strand produksi serta pergantian/modifikasi fasilitas produksi. Saat ini fasilitas produksi yang dimiliki oleh pabrik batang kawat adalah. (Wibowo, 2011)

- a. Reheating Furnace
- b. Pre-rouhting Mill
- c. Rouhting Mill
- d. Finishing Mill

- e. Cooling Zone
- f. Down Coiler

PT X memiliki sedikitnya 12 entitas anak dan asosiasi yang aktif dalam mendukung operasional perusahaan. Anak usaha, PT X salah satunya adalah PT X Daya Listrik yang meningkatkan kapasitas energy listrik sebesar 120 megawatt (MW) dengan membangun tambahan fasilitas baru (PLTGU).

PT Meratus Jaya merupakan perusahaan patungan dengan PT Aneka Tambang yang didirikan untuk mengantisipasi kenaikan bahan baku baja yaitu bijih besi (*iron ore pellet*). PT Meratus Jaya mulai mengoperasikan 1 unit pabrik besi dari 2 unit pabrik pada November 2012 dengan total kapasitas sebesar 315.000 besi sprons per tahun. Meratus Jaya juga mengoperasikan pembangkit listrik dengan kapasitas 2X14 MW per tahun. (Deni, 2013)

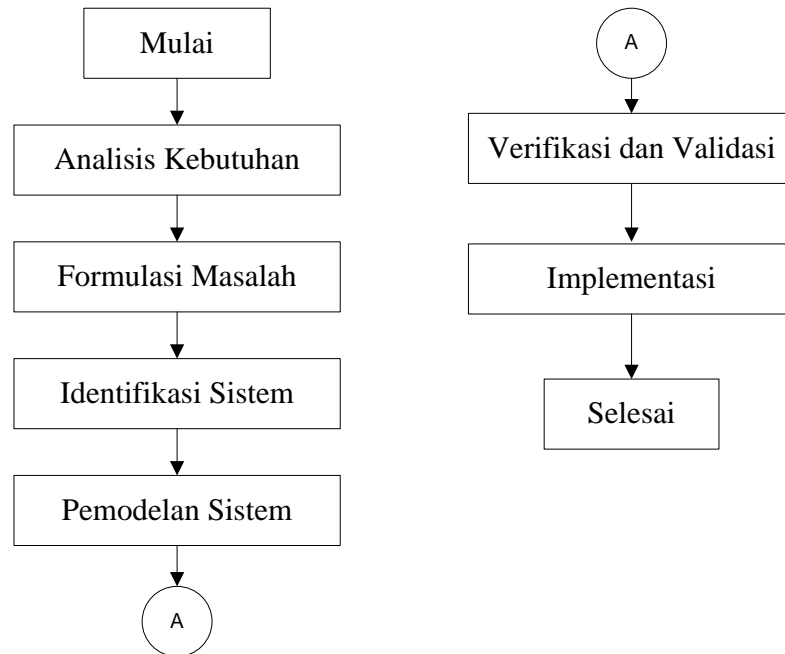
PT Krakatau Posco merupakan perusahaan patungan PT Krakatau Steel dengan Pohang Iron & Steel Corporation (Posco) yang memproduksi slab baja, pelat baja, dan baja lembaran panas dengan total kapasitas sebesar 6 juta ton baja kasar (*crude steel*) dan jumlah investasi sebesar US\$6 miliar. (Krakatau Steel, 2013)

## **2.4 Pemodelan Sistem Dinamik**

Penelitian ini akan diajukan pemodelan sistem dinamik untuk menemukan output yang diinginkan, yang pada akhirnya akan dapat mengatasi masalah yang ada di Industri baja nasional, khususnya pada konsumsi baja di enam industri yang diteliti. Berikut penjabaran dari struktur pembentukan sistem dinamik.

### **2.4.1 Pendekatan Sistem**

Pendekatan sistem menurut Manetsch & Park (2002) dapat dilihat dalam struktur berikut ini.



**Gambar 2.11** Pendekatan Sistem (Sumber: Manetsch & Park, 2002)

## 1. Analisis Kebutuhan

Tahap awal dalam mengkaji suatu sistem adalah analisis kebutuhan. Tahap ini akan mengidentifikasi kebutuhan-kebutuhan dari masing-masing pelaku sistem (*stakeholders*). Pelaku sistem mengharapkan kebutuhan dapat terpenuhi jika mekanisme dijalankan. Kebutuhan dari masing-masing pelaku sistem diidentifikasi sebagai dasar pertimbangan dalam pemahaman sistem yang dikaji. Jika mekanisme sistem tidak dapat mengakomodasi kebutuhan pelaku, maka pelaku sebagai komponen sistem tidak akan menjalankan fungsinya secara optimal sehingga kinerja sistem akan terganggu. Sebaliknya, jika pelaku merasa mekanisme sistem akan dapat memenuhi kebutuhannya, maka pelaku akan menjalankan fungsi dalam sistem sehingga tujuan sistem dapat tercapai. (Harttrisari, 2007)

## 2. Formulasi Permasalahan

**Tabel 2.8** Kebutuhan Pelaku Sistem Pembangunan Agroindustri (Sumber: Harttrisari, 2007)

No.	Pelaku	Kebutuhan
1	Pemerintah	<ul style="list-style-type: none"><li>• Peningkatan pendapatan daerah</li><li>• Stabilitas harga bahan baku dan produk</li></ul>
2	Industri	<ul style="list-style-type: none"><li>• Harga beli bahan baku yang murah</li><li>• Peningkatan pendapatan</li></ul>
3	Petani	<ul style="list-style-type: none"><li>• Harga beli produk primer yang tinggi</li><li>• Peningkatan pendapatan</li></ul>
4	Pedagang Pengumpul	<ul style="list-style-type: none"><li>• Harga beli bahan baku yang murah</li><li>• Peningkatan pendapatan</li></ul>
5	Lembaga Keuangan	<ul style="list-style-type: none"><li>• Peningkatan pendapatan</li><li>• Resiko pengembalian pinjaman yang kecil</li></ul>
6	Masyarakat	<ul style="list-style-type: none"><li>• Harga produk agroindustri yang terjangkau</li><li>• Kualitas produk yang baik</li></ul>

Tabel 2.8 memperlihatkan kebutuhan yang sinergis maupun kontradiktif. Pada dasarnya, kebutuhan yang kontradiktif dapat dikenali berdasarkan dua hal, yaitu kelangkaan sumber daya (*lack of resource*) dan perbedaan kepentingan (*conflict of interest*). Tujuan sistem akan sulit tercapai jika pada analisis kebutuhan teridentifikasi kebutuhan yang saling kontradiktif, sebab kebutuhan yang saling kontradiktif dapat menurunkan kinerja sistem atau bahkan sistem tidak berfungsi sama sekali, sehingga kebutuhan kontradiktif seharusnya dapat ditemukan solusi untuk membuatnya sinergis.

## 3. Identifikasi Sistem

Identifikasi sistem merupakan tahap dimana peneliti mencoba memahami mekanisme yang terjadi dalam sistem. Hal tersebut dikarenakan untuk memahami adanya hubungan antara pernyataan kebutuhan dengan pernyataan masalah yang harus diselesaikan dalam rangka memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu

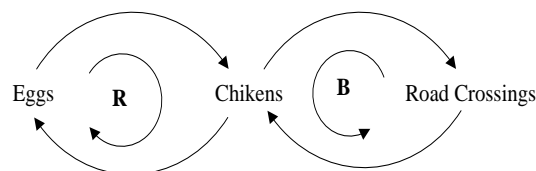
pendekatan yang dapat dilakukan untuk tahap ini adalah dengan menggunakan pendekatan diagram lingkaran sebab akibat (*causal loop diagram*) atau diagram input output (*black box diagram*).

a. Diagram Lingkaran Sebab Akibat (*FeedBack*)

Diagram lingkaran sebab akibat menggambarkan hubungan antar elemen yang terlibat dalam sistem yang dikaji. Diagram sebab akibat dapat menggambarkan sifat dinamik antar elemen. Pada umumnya, diagram sebab akibat dapat digunakan untuk (Stermann, 2000):

- Secara cepat memberikan gambaran sifat dinamik dari sistem yang dikaji karena setiap peristiwa memiliki penyebab
- Memberikan dasar untuk pembentukan persamaan pada model
- Mengidentifikasi factor yang penting dalam pencapaian tujuan yang telah ditetapkan

Diagram sebab akibat terdiri dari variable-variabel yang masing-masing dihubungkan dengan tanda panah yang menggambarkan hubungan antar variable tersebut. Sterman tahun 2000 menjelaskan bahwa didalam diagram liangkar sebab akibat memiliki 2 *feedback* yaitu *feddback* positif dan *feddback* negative. Penentuan *feddback* dilihat dari hasil perkalian *loop* yang terbentuk. Berikut adalah contoh dari penggambaran diagram sebab akibat yang diambil dari permasalahan populasi *chikens* yang didasari dari jumlah *eggs* dan *road crossings*.



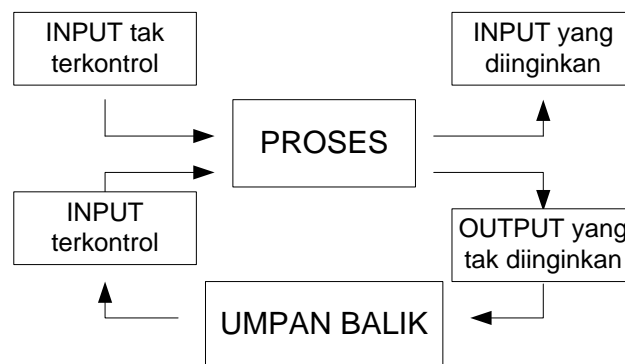
**Gambar 2.12** *Feedback Chikens Population* (Sumber: Sterman, 2000)

Gambar 2.12 memperlihatkan bahwa tanda positif adalah peningkatan jumlah variable terikat, sedangkan tanda negative adalah penurunan jumlah pada variable terikat. Lingkaran positif digambarkan dengan gambar putaran searah jarum jam yang disimbolkan dengan huruf R (*reinforcing*) atau tanda positif (+), sedangkan lingkaran negative digambarkan dengan putaran arah kebalikan jarum jam yang disimbolkan

dengan huruf B (*balancing*) atau tanda negative. Filosofi dari gambar tersebut adalah ketika banyak telur yang menetas maka jumlah ayam akan semakin bertambah dan semakin banyak ayam yang menyebrang jalan, maka jumlah ayam akan semakin sedikit. Menyebrang jalan dapat diartikan bahwa ayam keluar dari lingkaran populasi sebelumnya.

#### b. Diagram Input-Output

Diagram input-output menggambarkan hubungan anantara output yang akan dihasilkan dengan input berdasarkan tahapan analisis kebutuhan dan formulasi permasalahan. Diagram input-output sering disebut diagram kotak gelap (*black box*), sebab diagram ini tidak menjelaskan bagaimana proses yang akan dialami input menjadi output yang diinginkan. Diagram input output disajikan pada gambar 2.13 sebagai berikut. (Hartrisari, 2007)



**Gambar 2.13** Diagram *Input-Output* (Sumber: Hartrisari, 2007)

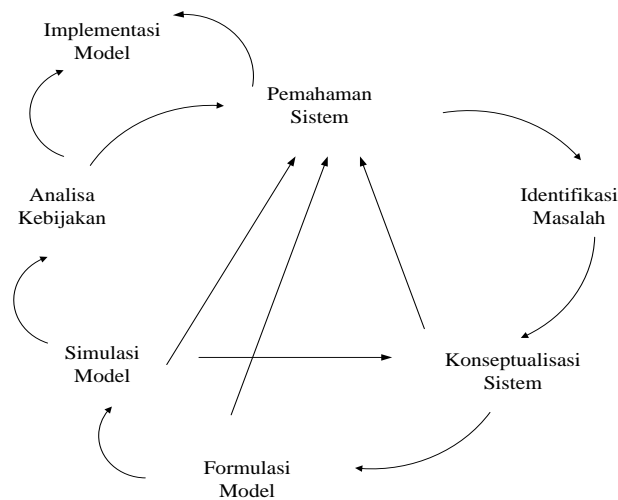
### 2.4.2 Sistem Dinamik

Rhichardson dan Pugh tahun 1986 menjelaskan bahwa model merupakan penggambaran dari sistem yang telah dibatasi untuk mengambil keputusan. Pembatasan sistem meliputi semua konsep dan variable yang berpengaruh. Dalam sistem dinamik karteristik model dapat dilihat sebagai berikut:

- Menggambarkan hubungan sebab akibat dari sebuah sistem
- Merupakan persamaan dari terminology dunia industri, ekonomi, dan social
- Sederhana dan *mathematical*
- Melibatkan banyak variable

- e. Menurut Forrester dalam Noorsaman dan Wahid tahun 1998 menjelaskan bahwa model sistem dinamik dapat menghasilkan sebuah perubahan yang tidak kontinyu dalam pengambilan keputusan

Tahap sistem dinamik pada prosesnya akan diawali dan diakhiri dengan pemahaman sistem beserta permasalahannya hingga membentuk suatu lingkaran tertutup. Proses pendekatan sistem dinamik ini dapat dilihat pada gambar 2.18.



**Gambar 2.14** Tahapan Pendekatan Sistem Dinamik (Sumber: Manetsch dan G.L.Park, 2002)

Pemodelan dapat dikatakan efektif apabila ada keterkaitan antara dunia maya yang digambarkan dalam bentuk model dengan keadaan sebenarnya sehingga tujuan model yang disederhanakan dalam sistem dapat tercapai. Dalam hal ini, peneliti harus memahami mekanisme yang terjadi dalam sistem dan menetapkan variable-variabel penting yang akan diperhitungkan dalam model untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Semakin banyak variable yang dimasukkan dalam model, maka akan semakin sulit untuk menjelaskan proses yang terjadi. Pada proses penyusunan model, horizon waktu (*time horizon*) juga perlu diperhatikan. Horizon waktu dalam model harus cukup panjang, agar dapat menunjukkan perubahan yang terjadi. Umumnya, horizon waktu pada model didasarkan pada proses yang terjadi dalam sistem. Penggambaran hubungan antara variable-variabel dalam sistem dinamik dapat

dilakukan dengan menggunakan bantuan beberapa *software* seperti Vensim, Powersim, Dynamo dan Stella.

Metodologi Sistem Dinamik tepat untuk permasalahan-permasalahan kompleks yang dapat berubah terhdap waktu. Secara teknis metodologi ini memiliki beberapa kelebihan sebagai berikut:

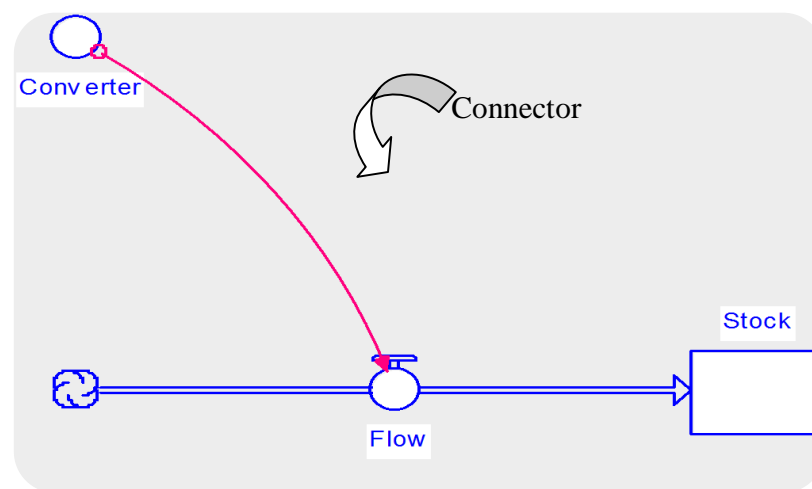
- Mampu menjembatani perbedaan konsekuensi kebijakan atau aksi jangka pendek maupun jangka panjang.
- Mampu mengakomodasi perilaku realitas atas ketidak linieran sebab akibat berbagai faktor yang direpresentasikan dalam bentuk umpan balik.
- Mampu memanipulasi model dalam merepresentasikan realitas tenggang waktu.
- Mampu menjelaskan dampak kebijakan atas beberapa skenario kebijakan berbeda yang diambil oleh pembuat kebijakan sesuai dengan tujuan masing-masing.
- Mampu menjelaskan ketidaksesuaian tujuan kebijakan diantara para pemangku kepentingan dan skenario yang diharapkan atas model dalam pencapaian tujuan tersebut. (Wirdjodirdjo, 2012).

#### **2.4.3 Variabel Model**

Sterman tahun 2000 menjelaskan beberapa variable yang ada pada sistem dinamik dapat dikategorikan menjadi stok (*stok*), aliran (*flow*), dan pengaruh (*converter*). Variabel stok (*stok*) disimbolkan dengan gambar persegi panjang yang menyatakan wadah dari stok. Stok merupakan akumulasi yang merincikan keadaan sistem dan menghasilkan informasi yang dapat mendatangkan keputusan dan dasar tindakan. Stok memberikan sistem inersia yang menyediakan memori. Stok membuat penundaan dengan mengumpulkan perbeddaan antara aliran proses dan *outflow*-nya. Dengan aliran *decoupling*, stok merupakan sumber dinamika *disequilibrium* dalam sistem. Variabel aliran (*flow*) digambarkan dengan katup pengontrol dimana *flow* ini ditunjukkan pula oleh panah arus masuk keluar sebagai tanda pengurangan dan penambahan. Stok dan *flow* merupakan dua hal yang familiar. Sebagai contoh perusahaan stok digudang. Jumlah orang yang dipekerjakan oleh perusahaan juga merupakan stok. Stok dapat diubah ke arus masuk dan keluar.



Sedangkan variable pengaruh (*converter*) dapat disimbolkan dengan lingkaran yang menggambarkan variable intermediasi untuk perhitungan beberapa hal. Variabel-variabel tersebut nantinya akan dihubungkan dalam bentuk anak panah untuk menyatakan adanya informasi yang mewakili penyebab dan efek dalam struktur model. Dalam stella, variable-variabel tersebut dapat digambarkan dalam bentuk Gambar 2.15



**Gambar 2.15** Representase Variabel dan Software

#### 2.4.4 Validasi Model

Tahap terakhir dari analisis sistem dinamik adalah dengan melakukan validasi model, yaitu untuk memeriksa model dengan meninjau apakah output yang dihasilkan model sesuai dengan sistem nyata, dengan memperhatikan konsistensi internal, korespondensi, dan representasi (Simatupang, 2000). Sterman (2000) menyebut validasi sebagai pengujian, hal tersebut karena dia berpendapat bahwa validasi model merupakan sesuatu yang tidak mungkin, karena sebuah model tidak dapat dikatakan *valid* sebab tidak berkemampuan menginterpretasikan sistem secara pasti. Daalen dan Thissen (2001), beranggapan bahwa validasi dalam model sistem dinamik dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu uji struktur secara langsung (*direct structure tests*) tanpa *merunning* model, uji struktur tingkah laku (*structure oriented behavior test*) dengan *merunning* model, dan perbandingan tingkah laku dengan sistem nyata (*quantitative behavior pattern comparison*)

## 2.5 Pendekatan Skenario

Pendekatan skenario pertama kali ada sejak tahu 1960 yang berasal dari manajemen strategi. Pada sistem dinamik, pendekatan ini banyak digunakan untuk menyusun *step* hingga akhirnya dapat ditemukan model untuk menjawab tujuan. Menurut Shell (2003) pendekatan skenario adalah penggambaran alur cerita tentang kemungkinan yang akan terjadi di masa yang akan datang. Ghanadan dan Komey (2005) mengungkapkan bahwa skenario mengarah pada sebuah jalur yang dirancang untuk mengetahui dampaknya terhadap masa yang akan datang. Leydon et al (1996) mengemukakan bahwa pendekatan skenario tepat digunakan untuk dunia yang selalu berubah dalam keadaan tidak pasti.

Kelebihan dari pendekatan skenario adalah kemampuan model untuk menangkap perubahan struktur secara *eksplisit* dengan pertimbangan perubahan kearah pembangunan yang datang secara tiba-tiba.

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian tentang Industri Baja sebelumnya telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti dan telah dijabarkan pada tabel 2.9. Penelitian pertama dilakukan oleh Xiang Yin & Wenying Chen di tahun 2013 dengan judul penelitian *Trends and Development of Steel Demand in China: A Bottom Up Analysis*. Penelitian ini menggunakan pendekatan elektrometrika dengan konsep bottom up untuk memperkirakan permintaan baja di semua sektor pengkonsumsi di Industri Hilir. Berbeda dengan kondisi baja di Cina. Industri Baja di Cina tergolong maju, sehingga kondisi baja di Industri Hulu tidak memiliki banyak masalah. Sehingga jika kita pengkonsentrasikan penelitian di Industri Hilir, maka akan cukup mewakili kondisi kebutuhan baja di Cina. Tetapi jika penelitian ini digunakan di Indonesia, barang tentu tidak akan memberikan efek penyelesaian masalah di Industri Baja Nasional, karena kenyataannya proyeksi untuk penelitian di Industri Hilir jatuhnya adalah penyelesaian masalah dengan cara import baja dari luar negeri.

Pada tahun berikutnya Xiang Yin & Wenying Chen bersama Ding Ma melakukan penelitian kembali dengan konsep yang sama pada Industri Baja di Cina, tetapi kali ini penelitian difokuskan pada konsumsi energi dengan judul *A Bottom Up Analisis of China Iron and Steel Industrial Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emission*. Hasil menunjukkan bahwa pada periode di masa yang akan datang, intensitas energi dan CO<sub>2</sub> akan terus menurun. Penelitian ini memfokuskan konsumsi energi yang digunakan sebab peneliti menyadari adanya konsumsi energi di Industri Baja yang cukup besar, yaitu sekitar 60% biaya produksi merupakan energi.

Pada tahun 2013, Ali Hasanbeigi dkk juga melakukan penelitian tentang Industri Baja yang berfokus pada konsumsi energi dengan menggunakan konsep bottom up dengan pendekatan CSC listrik dengan judul *A Bottom Up Model to Estimate Improvement and CO<sub>2</sub> Emission Reduction Potentials in The Chinese Iron and Steel Industri*. Hasilnya berupa perkiraan tentang biaya penghematan untuk bahan bakar dan emisi CO<sub>2</sub>.

Berbeda dengan Linda Warell di tahun 2014. Dengan judul *Trends and Development in Long-term Steel Demand. The Intensity of Use Hypothesis Revisited*, Linda menggunakan analisis regresi untuk pengelompokan konsumsi baja berdasarkan PDB di 61 negara.

Tahun 2012 Nastaran Antasari dan Abbas Seifi menggunakan sistem dinamik untuk memodelkan konsumsi energi pada Industri Baja di Iran dengan judul *A System Dynamics Analisis of Energy Consumption and Corrective Policies in Iranian Iron and Steel Industri*. Pemodelan ini memainkan peran adanya subsidi energi pemerintah dan dampaknya jika subsidi ini dihapus. Hasil analisis pemodelan dari model yang dibentuk oleh penelitian ini tidak memberikan suatu kebijakan yang cukup berarti bagi permasalahan Industri Baja di Iran, sehingga pemodelan pada penelitian ini dinilai kurang.

Penelitian yang disusun oleh penulis dengan judul Peran Kontribusi Industri Baja Hulu Terhadap Pemenuhan Kebutuhan Baja Nasional dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik diajukan penulis untuk mengatasi permasalahan di Industri Baja Nasional. Mengetahui Industri Baja Nasional mengalami permasalahan

dari Hulu sampai Hilir dengan permasalahan utama adalah banyaknya serapan baja import, maka penulis memfokuskan penelitian pada Industri Hulu dimana Industri Hulu merupakan fondasi bagi pembentukan Industri Baja Nasional yang terlebih dahulu harus dibenahi. Penelitian ini dinilai cocok dengan kondisi Industri Baja di Indonesia yang mengalami permasalahan yang sama yaitu serapan baja import dari hulu sampai hilir. Penelitian sebelumnya di Industri Baja belum mampu sampai menentukan sebuah kebijakan yang dapat menangani permasalahan yang sebenarnya ada, kebanyakan dari penelitian sebelumnya hanya menangani permasalahan parsial yang berkungkung pada satu arah dan tidak menggloabal, bahkan dengan menggunakan metode yang sama, model yang diberikan oleh Nastaran Antasari dan Abbas Seifi belum mampu menyelesaikan permasalahan di Industri Baja Iran dan model yang diberikan dinyatakan kurang atau belum selesai. Penelitian Peran Kontribusi Industri Baja Hulu Terhadap Pemenuhan Kebutuhan Baja Nasional diajukan penulis dengan tujuan untuk mendapatkan sebuah kebijakan yang tepat sasaran untuk menyelesaikan permasalahan Industri Baja di Indonesia.

**Tabel 2.9** Penelitian Sebelumnya

No.	Penerbit	Penulis	Tahun	Negara	Judul	Tujuan	Alat	Keputusan
1	Elsevier (Resource Policy)	Xiang Yin & Wenyong Chen	2013	China	Trends and Development of Steel Demand in China: A Bottom Up Analysis	Perkiraan Konsumsi Industri Pengguna Baja	Pendekatan Ekonometri ka	Permintaan baja disensus sektor Industri di China akan terus meningkat sampai tahun 2025 dan akan turun di tahun 2050
2	Elsevier (Applied Energy)	Wenyong Chen, Xiang Yin, Ding Ma	2014	China	A bottom up analysis of China iron and steel industrial energy consumption and CO <sub>2</sub> emissions	Perkiraan konsumsi energi di masa mendatang dan emisi Co2 dari besi dan baja	Pendekatan Ekonometri ka	Pada periode modeling intensitas energi dan Co2 akan terus menurun
3	Elsevier (Energy)	Ali Hasanbeigi, William Morrow, Jayant Sathaye, Eric Masanet, Tengfang Xu	2013	USA	A bottom up model to estimate the energy efficiency improvement and CO <sub>2</sub> emission reduction potentials in the Chinese iron and steel industri	Analisis 23 teknologi efisiensi energi untuk penghematan energi dan CO2	Bottom Up CSC listrik	FCSC model menunjukkan biaya efektif potensi penghematan bahan bakar kumulatif sebesar 11.999 PJ, dan total bahan bakar teknis menyimpan potensi sebesar 12.139. Emisi Co2 secara penghematan dan teknis dapat menghemat 1.191Mt Co2 dan 1205 Mt, dan analisis sensitivitas terhadap tingkat diskonto dapat dilakukan.
4	Elsevier (Resources Policy)	Linda Warell	2014	Sweden	Trends and development in long-term steel demand. The intensity of use hypothesis revisited	Analisis konsumsi baja dan PDB data untuk 61 negara lebih dari 42 tahun	Regression	Negara-negara masuk kelompok yang bergerak dari fase industrialisasi ke arah layanan berbasis ekonomi

Lanjutan Tabel 2.9 Penelitian Sebelumnya

No.	Penerbit	Penulis	Tahun	Negara	Judul	Tujuan	Alat	Keputusan
5	Elsevier (Journal of Cleaner Production)	Ali Hasanbeigi, Zeyi Jiang, Lynn Price	2014	China	Retrospective and prospective analysis of the trends of energy use in Chinese iron and steel industri	Menganalisis faktor- faktor yang berpengaruh terhadap energi di industri baja dengan data masa lalu untuk mengukur efek kemungkinan faktor-faktor tersebut dimasa yang akan datang.	Analisis Dekompos isi Logaritma	Penggunaan energi final dari tombol puncak perusahaan baja di tahun 2020 di bawah skenario 1 dan 2, tahun 2015 dibawah skenario 3
6	Elsevier (Jornal Cleaner Production)	Mohan Yellishetty, Gavin M.Mudd	2014	Australia	Subtance flow analisis of steel and long term sustainability of iron ore resources in Australia, Brazil, China and India	Memberikan pemahaman lebih baik tentang stok dan flows untuk menginformasikan kebijakan membuat menuju metabolisme industri dan akibatnya mengarah ke management yang lebih baik dari sumber daya dan daur ulang baja di negara yang diteliti	SFA (Subtance Flow Analisis)	<div>1. Cina memiliki besar ketergantungan pada sumber daya asing disaat industri baja di Australia dan Brazil lebih mengandalkan eksport bijih besi mereka.</div> <div>2. Pada pola arus produksi, menggunakan eksport baja terbukti menjadi stress lingkungan melalui transportasi dalam bentuk offloss ke negara- negara lain</div> <div>3. Mempresentasikan bagaimana subtansi baja dapat berdampak pada keberlanjutan sosial ekonomi</div>

Lanjutan Tabel 2.9 Penelitian Sebelumnya

No.	Penerbit	Penulis	Tahun	Negara	Judul	Tujuan	Alat	Keputusan
7	Elsevier (Journal of Cleaner Production)	Florens Flues, Dirk Rubelke, Stefan Vogele	2015	Germany	An analisis of the economic determinants of energy efficiency in the European iron and steel industri	Menyelidiki teknologi, pasar dan faktor kebijakan yang berhubungan dengan pengurangan konsumsi energi spesifik dalam produksi besi dan baja. Menganalisis produksi yang lebih ramah lingkungan dengan penurunan atau peningkatan produksi.	Analisis Regression	Pada kondisi ekonomi menunjukkan harga energi yang cenderung lebih tinggi untuk menaikkan efisiensi energi (cenderung mengurangi konsumsi energi spesifik) di sektor baja. Dalam jangka panjang, PDB dan investasi iklim mengerahkan pengaruh terbesar.
8	Elsevier (Renewable and Sustainable Energy Reviews)	Salman Ahmad, Razman Mat Tahar, Firdaus Muhammad Sukki, Abu Bakar Munir	2016	Malaysia	Application of system dynamics approach in electricity sector modelling: A review	Membuat model untuk penilaian kebijakan, perluasan kapasitas pembangkit, instrumen keuangan, permintaan sisi manajemen, pencampuran metode untuk dunia mikro pada sektor listrik	Sistem Dynamic	Eksansi kapasitas pembangkit menunjukkan keadaan dan keterangan sistem generasi. Simulasi menyroti kepuatan dan interaksi memperhitungkan profitabilitas. Model pada instrumen keuangan menunjukkan arus yang memprhatikan dengan meningkatkan teknologi terbaharukan untuk pembangkit listrik dalam kompetitif pasar. Dalam manajemen sisi permintaan, penyebaran informasi mengenai penggunaan rasional energi sangat penting untuk mempengaruhi permintaan.

**Lanjutan Tabel 2.9 Penelitian Sebelumnya**

No.	Penerbit	Penulis	Tahun	Negara	Judul	Tujuan	Alat	Keputusan
9	Elsevier (Ecological Modelling)	Wei gao, Bongghi Hong, Dennis P. Swaney, Robert W. Howarth, Huaicheng Guo	2016	China- USA	A system dynamic model for managing regional N inputs from human activities	Mengevaluasi model tentang berapa banyak N baru dari kegiatan antropogenik yang diperkenalkan ke seluruh cekungan, menguji pengaruh manusia pada siklus N regional.	A quasi mass balance method- system dynamic (NANI- SD)	Daerah input N dikendalikan oleh banyak faktor interaktif, dan formance kebijakan tertentu yang sifatnya bersih dari beberapa kebijakan. Pada hasil di Danau Dianchi China ditemukan tingkat pertumbuhan penduduk yang lebih rendah dapat menyebabkan peningkatan dari NANI untuk periode mendatang, karena dampaknya pada konsumsi makanan sebanding dengan perluasan lahan pertanian. Melarang produksi tanaman mungkin hanya mencapai jangka pendek dari pengurangan N, penyesuaian diet dan pembatasan ternak akan dapat mengontrol input N daerah tanpa mengeksport dampak lingkungan.
10	Elsevier (Energy)	Nasraran Ansari, Abbas Seifi	2012	Iran	A system dynamics analisis of energy consumption and corrective policies in Iranian iron and steel industri	Menganalisis permintaan baja, produksi dan konsumsi energi dalam kerangka terpadu (fokus utama adalah gas alam langsung dan industri baja tidak langsung)	System dynamic	Potensi penurunan konsumsi gas dihapus oleh subsidi energi dan memantapkan memo yang menyebabkan 85 miliar meter kubik gas tabungan selama 20 tahun ke depan.



**Lanjutan Tabel 2.9** Penelitian Sebelumnya

No.	Penerbit	Penulis	Tahun	Negara	Judul	Tujuan	Alat	Keputusan
11	Procedia	Nur Hasan, Erma Suryani, Rully Hendrawan	2015	Indonesia	Analisis of Soybean Production And Demand to Develop Strategic Policy of Food Self Sufficiency: A System Dynamic Framework	Mencari solusi alternatif dengan menggunakan pendekatan dinamika sistem pada produksi kedelai di Indonesia yang memicu adanya import kedelai	System dynamic	Produksi kedelai bisa diproduksi untuk memenuhi kebutuhan permintaan kedelai di Indonesia selama 20 tahun dengan meningkatkan perluasan lahan minimal 70% per tahun, penggunaan benih dengan tingkat produksi minimum 2,4 ton/hektar, penggunaan pupuk hayati yang dapat meningkatkan benih produktivitas setidaknya 125%
12	Elsevier	He Juan, Jiang Xianglin, Wang Jian, Zhu Daoli, Zhen Lei	2012	China	Var Methods for the Dynamic Impawn Rate of Steel in Inventory Financing Under Autocorrelative Return	Menetapkan tingkat impawn dinamis dengan membagi periode impawn ke risiko berbeda	VAR	Pengenalan koefisien K ke dalam model secara signifikan dapat meningkatkan cakupan risiko bank dan mengurangi kerugian efisiensi. Selain itu, tingkat impawn berkorelasi positif dengan harga terendah di tingkat risiko untuk masa yang akan datang
13	Elsevier	Ahmed Babader, Jun Ren, Karl O.Jones, Jin Wang	2016	UK	A system dynamics approach for enhancing social behaviours regarding the reuse of packaging	Mempelajari efektivitas peningkatan aspek perilaku sosial mengenai penggunaan kembali dan menyelidiki variabel yang menyebabkan peningkatan penggunaan kembali dalam jangka waktu singkat	System dynamic dalam pendekatan kuantitatif	Temuan analisis diidentifikasi adanya implikasi yang jelas untuk industri kemasan yang berniat untuk meningkatkan perilaku penggunaan kembali antara konsumen, mendorong mereka untuk mengambil tindakan perbaikan dan pencegahan pada tahap awal.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

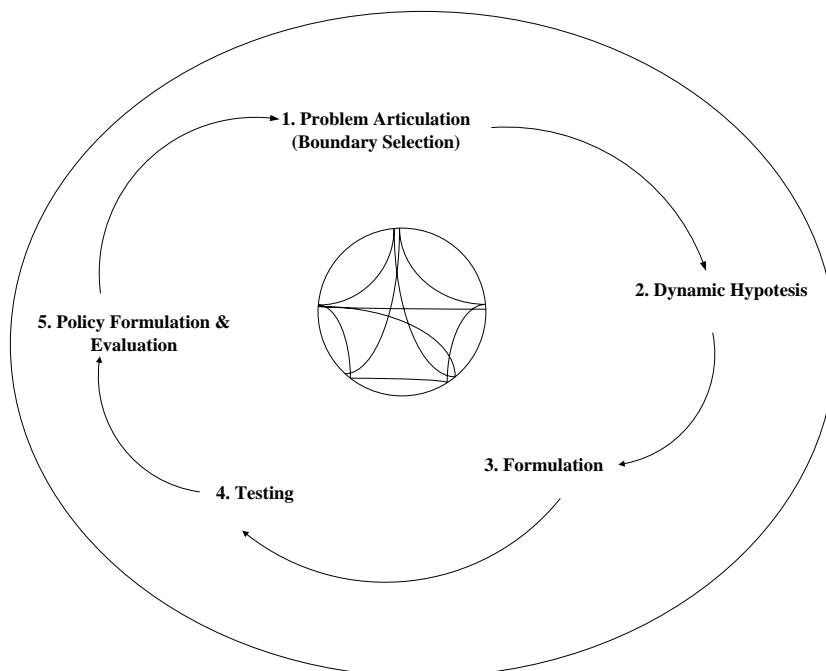
Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah sistematis yang akan dilakukan pada penelitian yang dirangkum dalam suatu skema diagram alir. Adapun metodologi penelitian adalah sebagai berikut.

#### 3.1 Studi Literatur

Pada tahap studi literatur, *reviewer* dilakukan di beberapa literature yang relevan untuk mendapatkan data dan informasi mengenai Industri Baja Nasional, yang nantinya dapat dijadikan acuan sebagai dasar analisis penelitian yang akan dilakukan.

#### 3.2 Penyusunan Formal Model

Penyusunan formal model dalam sistem dinamik akan bersifat iteratif seperti ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut.



**Gambar 3.1** Iterasi Proses Penyusunan Formal Model (Sterman, 2008)

### 3.2.1 Problem Articulation

Problem Articulation (*boundary selection*) terdiri dari pemilihan tema yang berkaitan dengan objek yang menjadi problem dan mengapa objek tersebut menjadi problem, identifikasi konsep dan variabel-variabel kunci, penetapan time horizon, pengamatan data dan perilaku historis sebagai bahan penyusunan referensi model.

Tema objek yang menjadi problem dalam penelitian ini adalah Peran Industri Baja Hulu sebagai suatu strategi pengambilan suatu kebijakan dalam menyelesaikan permasalahan Industri Baja Nasional. Biaya produksi merupakan variabel kunci yang digunakan dalam penelitian ini. Variabel ini juga digunakan untuk membuat batasan dalam model penelitian. Biaya produksi juga merupakan variabel penentu harga jual produk. Biaya produksi disini terdiri atas.

- Biaya tenaga kerja. Tenaga kerja yang ada di Industri biasanya tetap atafu terjadi perubahan sedikit tiap beberapa tahun. Berbeda dari Industri biasanya, di Industri Baja Nasional dari data historis justru terjadi penurunan setiap tahunnya. Hal tersebut disebabkan karena adanya penurunan produksi, biaya produksi yang semakin meningkat sehingga Industri Baja terpaksa harus mengurangi jumlah karyawan demi lebih menghemat biaya produksi.
- Biaya bahan baku. Bahan baku merupakan salah satu hal terpenting dalam produksi baja hulu yang disini adalah besi spons. Pada biaya bahan baku akan dipecah menjadi dua yaitu bahan baku utama dan bahan baku pembantu. Salah satu bahan baku penentu mahal nya biaya produksi adalah pellet besi yang merupakan bahan baku utama pembentuk besi spons.
- Biaya energi. Biaya energi merupakan salah satu yang tak dapat diabaikan. Naiknya harga lng dengan jumlah produksi yang semakin menurun akan membuat biaya produksi semakin mahal, sebab biaya lng dihitung per kapasitas produksi bukan jumlah produksi yang dihasilkan.

### 3.2.2 Dynamic Hypotesis

Penelitian ini menggunakan data historis untuk mendapatkan gambaran tentang dinamika pokok dalam permasalahan yang diangkat. Data-data historis yang terkait antara lain jumlah tenaga kerja, gaji karyawan, jumlah produksi, kebutuhan pellet, jumlah

produksi, konsumsi per industri pengkonsumsi baja, kebutuhan dan biaya lng, kebutuhan dan biaya bahan baku hingga akan dapat ditarik berapa besar biaya produksi dan investasi yang seharusnya diperlukan. Penelitian ini menggunakan data historis selama 5 tahun yang akan digunakan untuk mengamati besarnya biaya produksi hingga diketahui kerugian yang dialami Industri Baja Hulu Nasional akibat harga jual yang kurang dari biaya produksi. Perilaku ini akan menghasilkan sebuah grafik yang akhirnya dapat diantisipasi untuk membuat sebuah skenario untuk sebuah kebijakan baru untuk mengatasi permasalahan di Industri Baja Hulu Nasional.

### 3.2.3 Model Formulation

Perancangan dan formulasi model akan dibantu alat berbasis perangkat lunak (*software*) yaitu Stella .Pada tahap ini, konsep sistem nyata akan diubah ke bahasa computer dengan gambaran berupa *causal loop diagram*, *sub-system diagram*, dan *stok flow diagram*.

Sterman (2008) dan Barlas (2004) mengungkapkan bahwa proses kuantifikasi digunakan untuk menghubungkan dinamika satu faktor dengan faktor yang lain. Relasi antar faktor harus terhubung dalam dimensi yang konsisten, bersifat *robust* ketika perhitungan dalam kondisi *ekstrime* serta tidak mengabaikan aspek realitas pada sitem nyata termasuk adanya optimalisasi atau keseimbangan.

### 3.2.4 Testing Model

*Testing behavior reproduction* merupakan kesesuaian model dengan *reference modes*. Pada tahap identifikasi parameter, model akan diverifikasi melalui *check unit* dan *check error*. Berikutnya akan dilakukan beberapa pengujian validasi pada penelitian ini akan digunakan uji kecukupan batasan (*boundary adequacy test*), pengujian penilaian struktur (*structure assessment test*), pengujian penilaian parameter (*parameter assessment test*), pengujian penialaian parameter (*parameter assessment test*), dan pengujian nilai batasan dan uji *sensitivity* yang akhirnya didapatkan nilai ekstrim berdasarkan prosedur yang diusulkan Barlas (1996) . Pengujain tersebut dapat dilakukan dengan cara membandingkan *mean*, *percent error dalam mean*,  $E_1$ , didefinisikan sebagai berikut :

$$E_1 = \frac{|\bar{S}-\bar{A}|}{\bar{A}}, \text{ dengan.....(3.1)}$$

$$\bar{S} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana,

$E_1$  = percent error mean

$S$  = nilai rata-rata data simulasi

$A$  = nilai rata-rata data actual

### 3.2.5 Policy Formulation and Evaluation

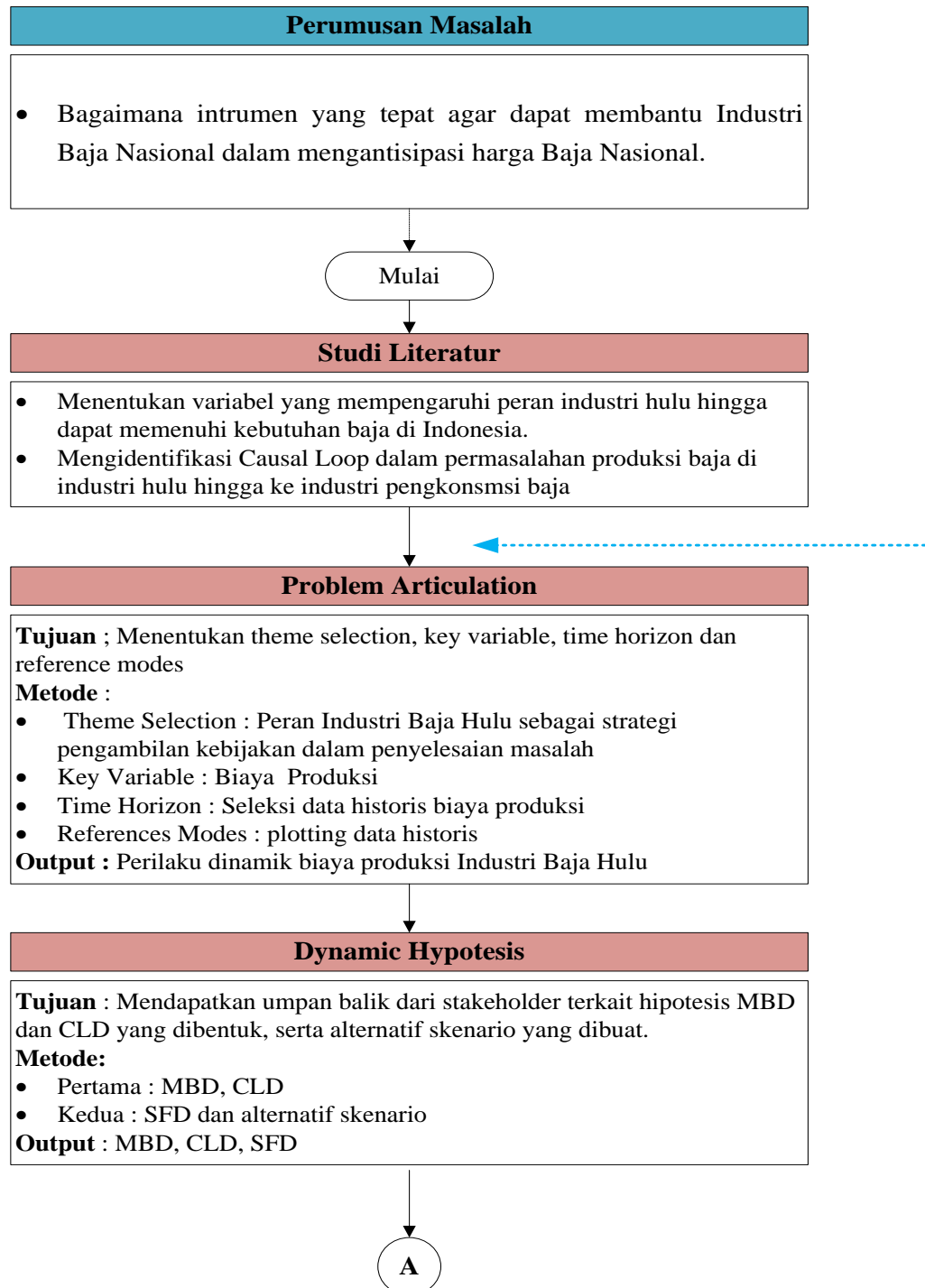
*Policy Formulation and Evaluation* dapat dibentuk ketika model yang dibentuk memberikan perilaku yang sesuai dengan *reference modes*, model simulasi dapat dilanjutkan untuk membentuk skenario-skenario untuk pengambilan suatu kebijakan.

### 3.3 Tahap Analisis dan Interpretasi

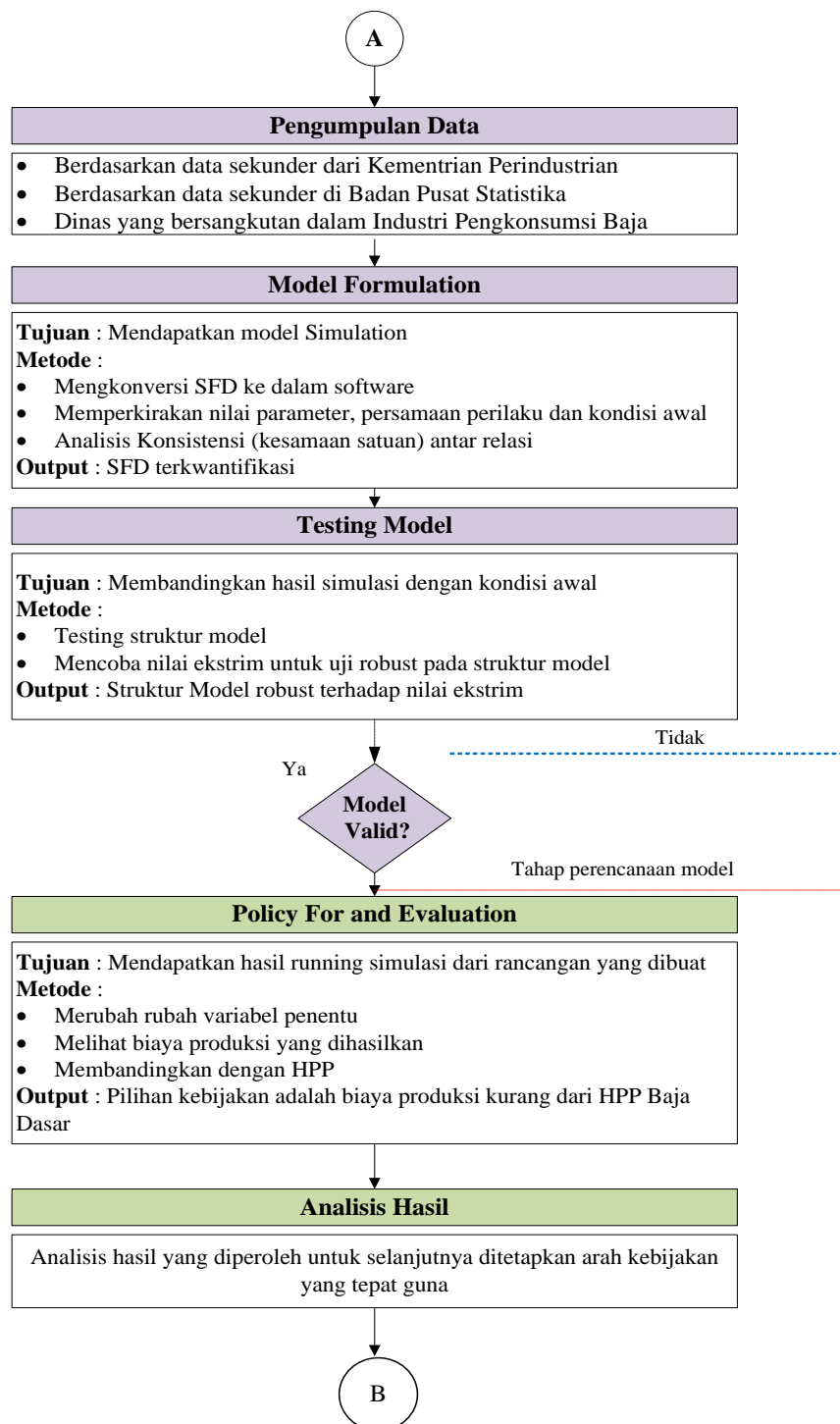
Tahap ini dilakukan untuk menganalisis hasil simulasi kondisi eksis dan skenario yang telah dibuat. Hasil dari setiap simulasi akan dibandingkan dan selanjutnya akan dipilih suatu kebijakan yang dapat menguntungkan industri baja di Indonesia.

### 3.4 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan terkait dengan analisis yang telah dilakukan tentang peran industri hulu dalam memenuhi kebutuhan baja. Saran yang dimunculkan diambil dari kesimpulan yang telah dikerjakan yang kemudian dapat menjadi acuan untuk perbaikan alur dari industri baja di Indonesia.

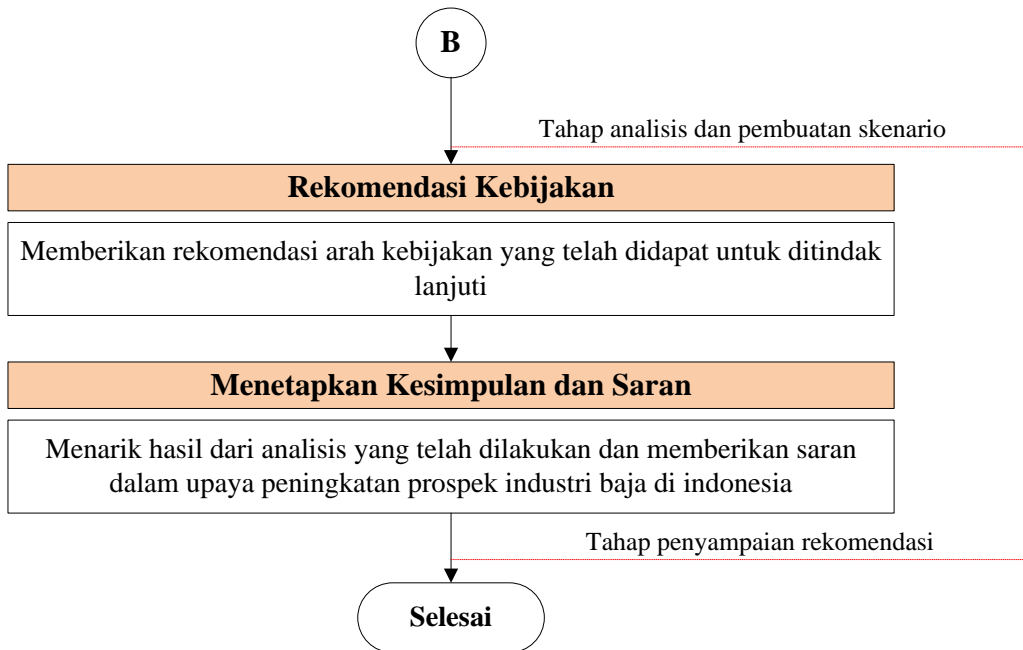


Gambar 3.2 Diagram Alir Industri Baja Hulu



**Lanjutan Gambar 3.2** Diagram Alir Industri Baja Hulu





**Lanjutan Gambar 3.2** Diagram Alir Industri Baja Hulu

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini menjabarkan tentang tahap pengumpulan data yang dibutuhkan, pengolahan data serta menetapkan parameter yang dibutuhkan untuk menemukan solusi penyelesaian masalah agar dapat membangun strategi baru yang dibutuhkan. Adapun tahap pengumpulan dan pengolahan data akan dijabarkan sebagai berikut

#### **4.1 Kerangka Pemikiran**

Kemajuan siklus perkembangan industri dunia yang semakin pesat membuat para pelaku industri terus memajukan teknologinya guna menciptakan inovasi untuk perkembangan bisnis mereka. Kemajuan industri suatu negara akan berdampak pada peradapan masyarakat didalamnya dan nilai perkembangan negara itu sendiri. Banyak aspek yang diperlukan dalam pembuatan inovasi teknologi di dunia industri, tak terkecuali baja. Industri baja disebut-sebut sebagai salah satu industri yang dapat mendongkrak kemajuan bangsa. Hal tersebut tak lain hal karena hampir semua industri menggunakan baja sebagai alat penyempurna perlengkapan mereka. Dapat ditengok dari data statistik dunia, berapa banyak konsumsi baja di banyak sektor industri. Angka yang terus berkembang dan membuat industri baja dunia berlomba-lomba untuk memajukan perindustrian mereka. Indonesia yang kaya akan penghasilan sumber daya alamnya, yang digadang-gadang dapat memenuhi konsumsi baja di negaranya sendiri, ternyata tak semudah membalikkan telapak tangan bermain di sektor industri baja. Banyaknya produksi baja di Cina (Negara penghasil baja terbesar di dunia) yang memproduksi baja melebihi kapasitas yang dibutuhkan membuat adanya *supply* besar-besaran dengan harga lebih terjangkau ke negara lain). Hal ini tentu sangat berdampak pada perindustrian di Indonesia, terutama menyangkut harga yang ditentukan untuk menjual produk baja mereka, hal tersebut membuat banyak pabrik baja di Indonesia akhirnya harus menanggung kerugian dan bahkan ada yang sampai bangkrut.

Potensi Indonesia dalam memanfaatkan hasil buminya agar mampu menjadi mandiri untuk dapat menghemat devisa negara seharusnya harus terus dipacu. Banyaknya permintaan produk di tiap sektor industri pengkonsumsi baja, agaknya membuat mereka terus membutuhkan baja.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu model dinamik yang dapat menerangkan mekanisme penyediaan produk baja di masa mendatang dan focus penelitian adalah pada peran industri baja hulu dalam memenuhi industri baja nasional. Struktur model dinamik yang dikembangkan adalah sebuah gambaran dari interaksi antara elemen-elemen sebuah sistem. Untuk memudahkan proses perancangan model, maka akan dilakukan pembagian sistem secara menyeluruh menjadi beberapa sub sistem yaitu subsistem di industri hulu baja dan subsistem di industri pengkonsumsi dimana setiap bagian subsistem memiliki subsistem lagi didalamnya.

## **4.2 Pendekatan Sistem**

Pendekatan sistem adalah metode pemecahan masalah yang dimulai dari identifikasi sampai pada akhirnya ditemukan sistem operasi yang efektif. Pada penelitian ini pendekatan sistem yang dilakukan di industri baja hulu dan industri pengkonsumsi baja. Adapun pendekatan sistem yang dilakukan adalah sebagai berikut.

### **4.2.1 Analisa Kebutuhan**

Tahap analisa kebutuhan berikut merupakan tahap awal dari pengembangan suatu subsistem pada industri pengkonsumsi baja. Pada tahap ini akan dicari secara selektif apa saja yang dibutuhkan dalam analisa sistem. Komponen-komponen yang terlibat secara langsung maupun tidak, akan dipaparkan sebagai berikut.

**Tabel 4.1** Kebutuhan Pelaku Sistem Industri Konsumsi Baja

No	Pelaku	Kebutuhan
1	Pemerintah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meningkatkan pendapatan Negara</li> <li>• Stabilitas harga bahan baku dan produk</li> </ul>
2	Industri Pengkonsumsi Baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harga beli baja yang murah</li> <li>• Mendapatkan produk berkualitas</li> <li>• Keuntungan usaha optimal</li> </ul>
3	Industri Baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendapatkan profit yang besar</li> <li>• Permintaan produk yang besar</li> <li>• Bahan baku murah dan mudah didapat</li> </ul>
4	Konsumen dari industri pengkonsumsi baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendapatkan harga yang terjangkau dari produk yang ditawarkan</li> <li>• Kualitas produk yang baik</li> </ul>

#### 4.2.2 Problem Articulation

##### 1. Theme Selection

Industri Baja Hulu merupakan industri yang memproduksi baja dasar untuk diolah di industri antara kemudian berlanjut ke industri hilir. Adanya peran industri hulu baja dalam menangani kebutuhan baja cukup besar. Dengan tidak adanya industri hulu baja di suatu negara, barang tentu Industri Antara Baja akan tergantung pada produk *import*. Tetapi yang mendasari permasalahan industri baja di Indonesia sebenarnya mencakup dari hulu sampai hilir dan itupun tidak pernah selesai dari saat industri baja dibangun. Kebanyakan beberapa penelitian hanya berpikir tentang kebutuhan baja di Industri Hilir, tanpa disadari bahwa tanpa adanya Industri Hulu maka Industri Hilir tidak akan pernah ada. Industri Hulu Baja di beberapa negara sudah dirasa tidak memiliki permasalahan yang cukup berat, apalagi China yang dengan teknologinya sudah mampu memproduksi baja dasar dengan biaya rendah hingga *overstock* dan dilempar ke beberapa negara termasuk Indonesia. Kemampuan China dalam memproduksi baja dasar dibandingkan Indonesia, Indonesia masih jauh dari kata baik bahkan jika dilihat dari laporan keuangan PT Krakatau Steel, Industri Baja Hulu di Indonesia sudah dapat dibilang merugi. Hal inilah yang menjadi penyebab kenapa Indonesia tidak pernah bisa menyelesaikan permasalahan di Industri Baja. Ketika permasalahan di Industri Hulu sudah bisa ditangani dengan baik, maka

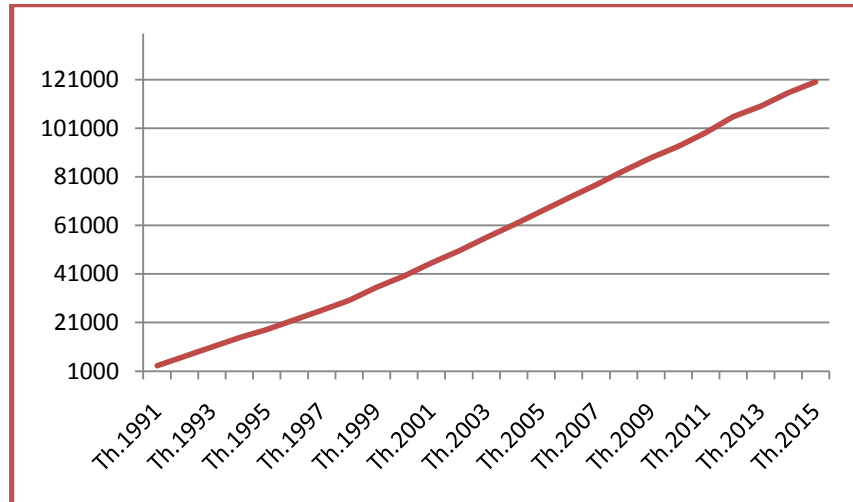
untuk menyelesaikan permasalahan di industri turunannya barang tentu akan lebih mudah.

## **2. Key Variable**

Variabel kunci yang paling mempengaruhi dalam penentuan harga pokok penjualan adalah biaya produksi. Jika biaya produksi meningkat barang tentu harga pokok penjualan akan meningkat. Permasalahan di Industri Baja Hulu adalah ketika biaya produksi meningkat, harga pokok penjualan tidak mengiringi peningkatan biaya produksi karena harus bersaing dengan harga pokok penjualan baja import yang akhirnya Industri Baja Hulu harus menganggung rugi. Biaya produksi disini akan dibatasi dari biaya tenaga kerja, biaya energy, biaya bahan pembantu, biaya bahan baku utama.

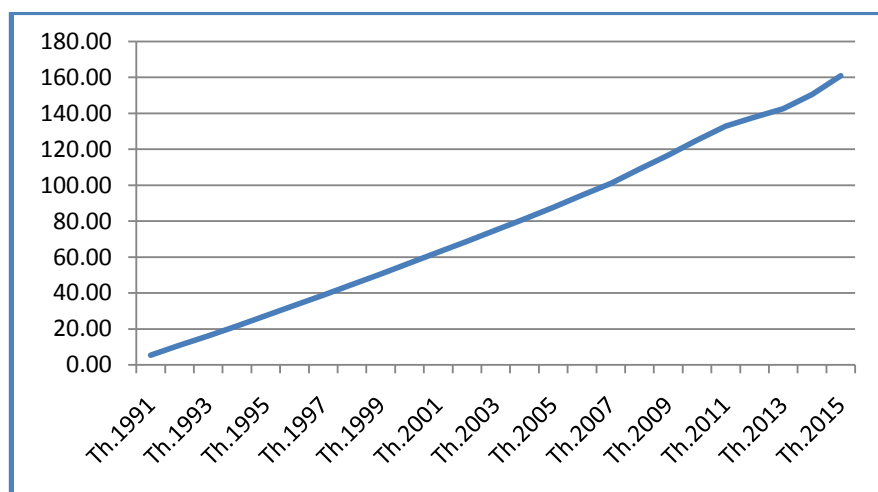
## **3. Reference Modes**

Data historis selama 25 tahun yang akan digunakan untuk mengamati perilaku dinamik dari permasalahan besarnya biaya produksi yang ditanggung oleh Industri Baja Hulu hingga akan menghasilkan suatu keputusan berapa besarnya harga pokok penjualan yang akan diberikan dipasar. Data historis tersebut akan diamati dinamikanya berdasarkan harga pasar yang ada. Biaya produksi yang dimaksud disini dibatasi menjadi 4 tanggungan yaitu biaya tenaga kerja tahunan per pegawai berupa data yang diperoleh dari Badan Pusat Sttistika. Kedua adalah biaya LNG yang disini merupakan energi utama yang digunakan untuk produksi baja dasar, data berasal dari Kementrian Perindustrian. Ketiga adalah harga bahan baku utama, karena Industri Baja Hulu di Indonesia masih menggunakan reduksi langsung dengan hasil akhir produk berupa besi spons maka bahan baku utama yang digunakan adalah pellet besi, pellet besi yang digunakan merupakan pellet besi *import* karena di Indonesia masih belum mampu memproduksi pellet besi sendiri, data berasal dari Kementrian Perindustrian. Keempat adalah biaya bahan pembantu, bahan pembantu disini berupa dolomite dan batubara yang digunakan ketika proses produksi besi spons, data berasal dari Kementrian Perindustrian.



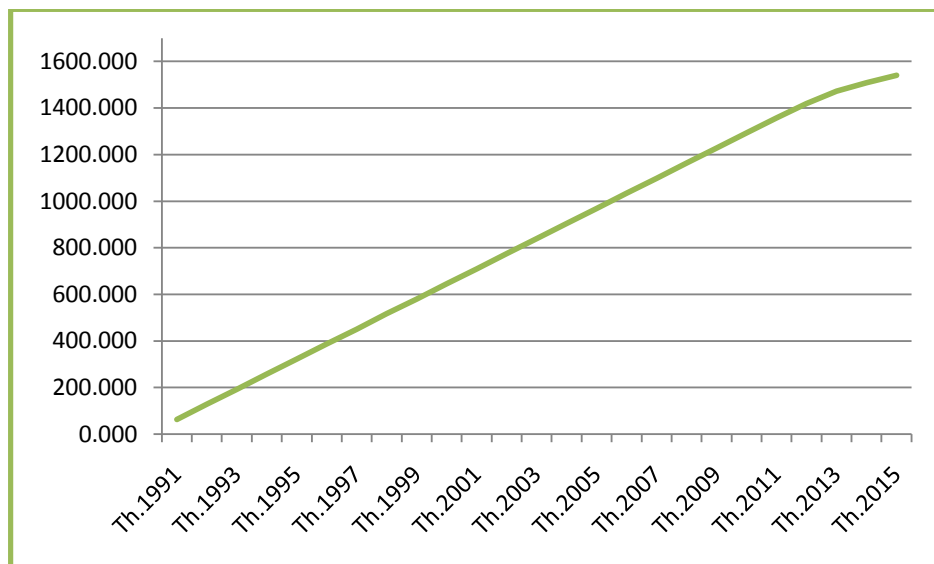
**Gambar 4.1** Reference Modes Biaya Rata-Rata Gaji Pegawai Tahunan

Gaji tenaga kerja untuk Industri Baja terus berfluktuasi dan cenderung meningkat terlihat pada gambar 4.1. Gaji pegawai merupakan suatu yang tidak dapat dihindari atau bahkan sulit untuk dikurangi, Industri Baja merupakan sebuah industri besar tentu akan memerlukan penyediaan upah untuk pegawainya yang besar. Hal tersebut terkait kesejahteraan pegawai. Gaji pegawai sulit untuk ditekan pengeluarannya tetapi dapat ditekan dengan pengurangan pegawai, dan hal tersebut terjadi di Industri Baja akhir-akhir tahun ini yang produksinya terus menurun dan jumlah pegawai terus dikurangi.



**Gambar 4.2** Reference Modes Biaya LNG per MMBTU

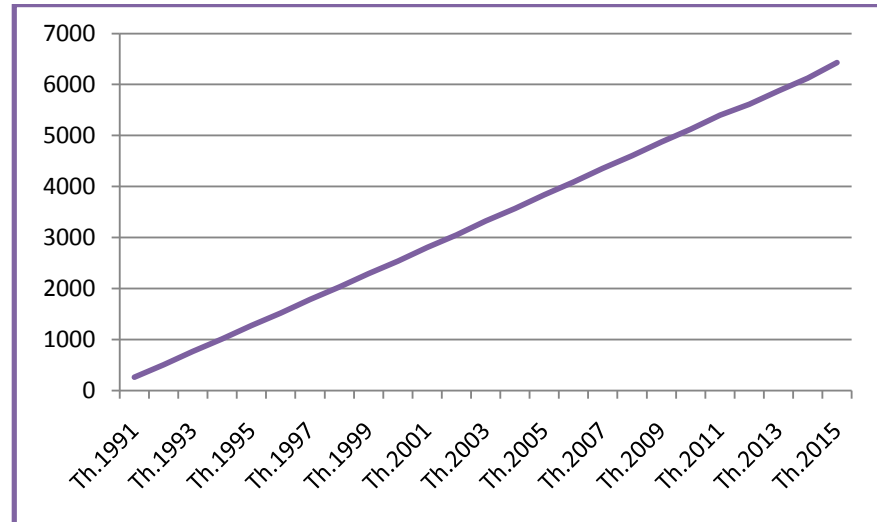
Energi merupakan komoditi paling mempengaruhi dari biaya produksi. Kurang lebih 60% dari biaya produksi adalah energi. Penggunaan energi juga tidak dapat maksimal jika jumlah produksi kurang dari kapasitas terpasang yang ada. Karena energi yang dibebankan berapapun produksi sama dengan kapasitas terpasang yang ada. Seperti yang terjadi di Industri Baja Hulu di Indonesia. Biaya produksi semakin bertambah karena jumlah produksi yang semakin berkurang dari kapasitas terpasang yang ada.



**Gambar 4.3** Reference Modes Biaya Bahan Pembantu Per Ton Produksi

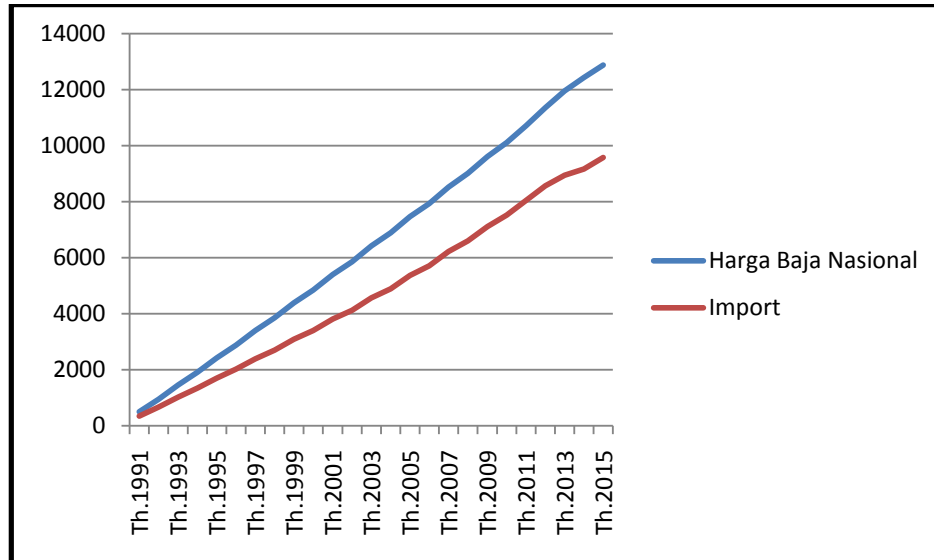
Gambar 4.3 memperlihatkan pola biaya bahan pembantu dalam mempengaruhi biaya produksi baja dasar. Biaya tersebut merupakan gabungan biaya untuk bahan baku dolomite dan batubara yang digunakan per ton produksi. Plot data untuk biaya bahan pembantu cenderung naik perlahan. Hal tersebut dikarenakan harga batubara dan dolomit yang cenderung turun akhir-akhir tahun ini.





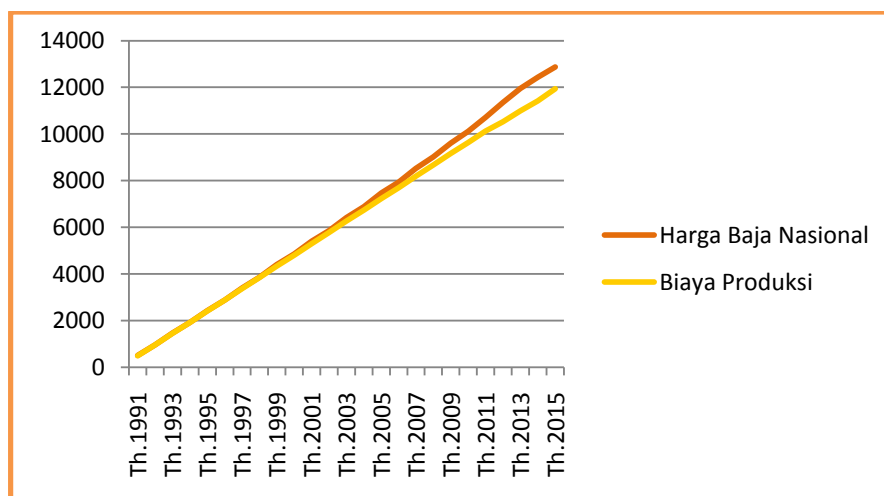
**Gambar 4.4** Reference Modes Harga Pellet Besi Per Ton

Pellet merupakan bahan baku utama pembentuk besi dasar berupa besi spons yang dilakukan dalam proses reduksi langsung. Gambar 4.4 adalah plot selama 25 tahun harga pellet besi yang digunakan di Industri Baja Hulu. Harga pellet besi dari tahun ke tahun menunjukkan plot yang berfluktuasi dan cenderung naik dan harga termurah pellet besi ada pada tahun 2012. Pellet besi merupakan komoditi utama pembentukan baja dasar dengan proses reduksi langsung. Indonesia belum mampu memproduksi pellet besi sendiri dan akhirnya harus import dari luar negeri. Ketidakmampuan Indonesia dalam memproduksi pellet besi tidak hanya karena produksi pellet besi yang mahal tetapi juga karena kandungan mineral alam yang ada di Indonesia memiliki kadar Fe yang kurang, sehingga jika dibentuk pellet besi kurang ekonomis.



**Gambar 4.5** Reference Modes Harga Besi Spons Nasional dan Besi Spons Import

Gambar 4.5 memperlihatkan pola dari reference modes harga besi spons nasional dibanding harga besi spons import yang masuk pasaran Indonesia. Plot memperlihatkan pola yang hampir sama. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa Industri Baja Hulu terus berusaha mengikuti harga pasaran besi spons *import*. Pola plot harga besi spons nasional dari tahun ke tahun berusaha mendekati harga besi spons *import*. Tetapi pada tahun 2014 harga besi spons *import* berada pada kondisi sangat murah dan harga besi spons nasional tidak bisa mendekati.



**Gambar 4.6** Reference Modes Biaya Produksi Per Ton dan Harga Baja Nasional

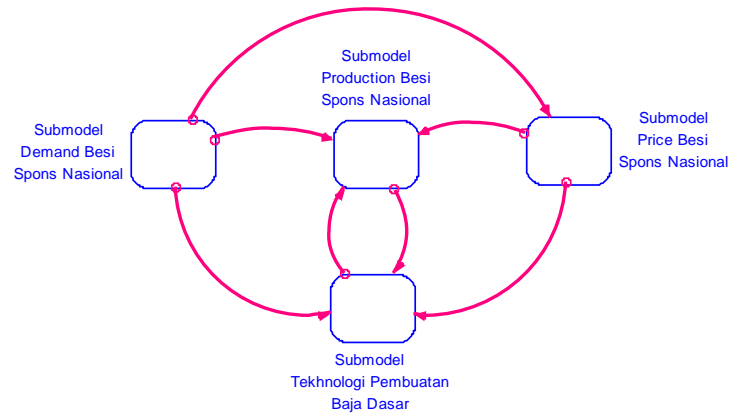
Biaya produksi yang terus naik ditambah dengan persaingan dengan besi spons *import* membuat Industri Baja Hulu Nasional mengalami kerugian untuk beberapa periode bahkan jika mendapatkan keuntunganpun tidak terlalu banyak. Hal tersebut dibuktikan dengan plot biaya produksi dan harga pokok penjualan besi spons nasional yang ada di Gambar 4.6. Terlihat bahwa di beberapa periode biaya produksi per ton baja nasional di atas harga pokok penjualan dan beberapa periode juga menunjukkan nilai yang hampir sama.

#### **4.2.3 Dynamic Hypotesis**

Sebelum memformulasikan model, data diamati dari perilaku 25 tahun biaya produksi per ton besi spons nasional dan harga pokok penjualan besi spons nasional yang ditunjukkan oleh references modes. Data historis dari harga baja nasional dan biaya produksi nasional menunjukkan pola yang fluktuatif dan cenderung naik, tetapi di beberapa periode menunjukkan pola perpotongan antar dua variabel, hal tersebut menyatakan adanya kerugian di Industri Baja Hulu Nasional untuk beberapa periode. Model dasar ini akan menjadi acuan penelitian untuk model hipotesis dinamik pada biaya produksi per ton baja nasional dan harga baja nasional.

#### **4.2.4 Framework Model**

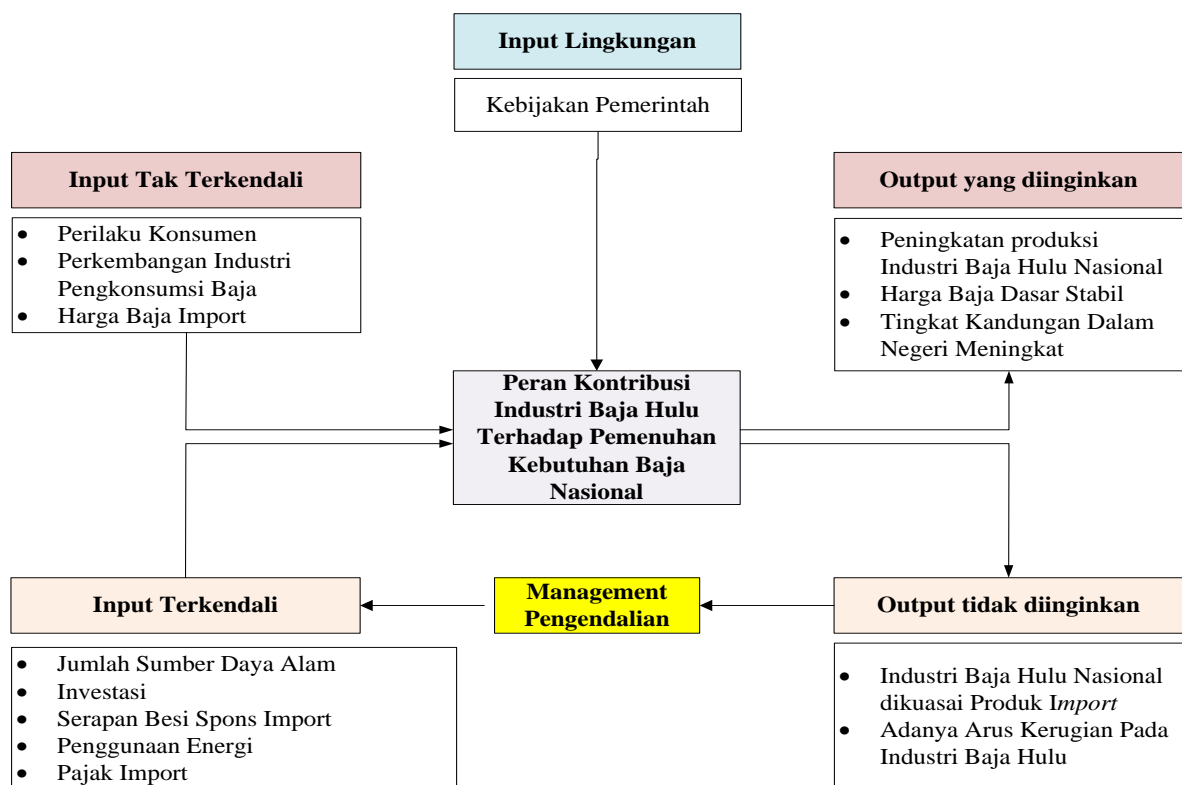
Framework model biaya produksi S to S yang digunakan untuk menjawab *research question* terdiri dari sub model demand besi spons nasional, price besi spons nasional, produksi besi spons nasional dan teknologi pembuatan baja dasar. Demand besi spons nasional merupakan gambaran awal hubungan permintaan besi spons nasional dan besi spons import kemudian berkembang pada submodel price yang menentukan pemilihan produk besi spons nasional atau import. Demand dan price besi spons nasional berkaitan erat dengan produksi besi spons nasional yang merupakan penentu biaya produksi sebenarnya. Sub model ini akan mengidentifikasi biaya produksi per satuan ton yang akan dibandingkan dengan harga besi spons nasional dan harga besi spons import. Pergantian teknologi merupakan salah satu alternatif skenario yang ditunjukkan untuk menghasilkan sebuah kebijakan. Alternative skenario ini berkaitan erat dengan ketiga sub model yang ada.



**Gambar 4.7** Framework Model S to S

#### 4.2.5 Diagram Input Output

Diagram input output merupakan gambaran hubungan antara output yang ingin dihasilkan dengan input berdasarkan tahapan analisa kebutuhan dan formulasi permasalahan yang ada. Berikut adalah gambaran input output dari Industri Baja Hulu.



**Gambar 4.8** Diagram Input Output Industri Baja Hulu Nasional

## **1. Input Tak Terkendali**

Input tak terkendali merupakan input dari keadaan sebenarnya tidak dapat dikendalikan dalam pengaturan penggunaan variabelnya. Pada penelitian mengenai Industri Baja Hulu, input tak terkendali disini adalah variabel perilaku konsumen, perkembangan industri pengkonsumsi baja, dan harga baja *import*. Perilaku konsumen masuk dalam input tak terkendali dikarenakan pemilihan pembelian besi spons oleh konsumen tidak dapat kita kendalikan bahkan ini merupakan pekerjaan rumah bagi Industri Baja Hulu agar menarik konsumen lebih memilih produk lokal ketimbang produk *import*. Perkembangan industri pengkonsumsi baja merupakan sesuatu yang luas bila dijabarkan. Pada penelitian ini, model untuk proyeksi kebutuhan baja di Industri Pengkonsumsi Baja hanya dibatasi pada proporsi data masa lalu dan tidak melibatkan banyak variabel, mengingat waktu penelitian yang terbatas dan banyaknya variabel yang mempengaruhi jika dijabarkan satu per satu.

Point terpenting yang mempengaruhi perkembangan Industri Pengkonsumsi Baja adalah aspek perekonomian negara, perilaku konsumen tiap industri pengkonsumsi yang disini adalah penduduk Indonesia dan arus keandalan daripada baja yang digunakan. Harga baja *import* merupakan salah satu input yang tak dapat dikendalikan sebab perkembangan industri baja dunia bukan ranah Indonesia untuk mengendalikan ataupun ikut campur, bahkan Indonesia bukan salah satu dari industri baja yang berpengaruh di dunia dan posisi Indonesia hanya sebagai pengamat dan perencanaan untuk antisipasi dalam negeri.

## **2. Input Terkendali**

Input terkendali adalah input dari variabel yang dapat kita kendalikan penggunaannya. Input inilah yang nantinya akan digunakan dalam pembentukan skenario. Jumlah sumber daya alam merupakan input terkendali sebab sumber daya alam akan bahan utama baja yang tersebar di Indonesia sebagian besar sudah diketahui jumlah dan kandungan kadar besinya sehingga dapat diproyeksi untuk penggunaan kedepannya. Bahan pembentu yang berupa batubara, dolomite dan lain-lain merupakan bahan yang mudah ditemui di Indonesia. Investasi merupakan aspek yang dapat dikendalikan walau terbilang untuk mendapatkan investasi yang besar

butuh perencanaan yang matang dan tidaklah mudah. Semakin banyak investasi yang didapat maka pergantian teknologi lama ke baru untuk produksi baja dasar akan dapat segera terlaksana, dan variabel ini merupakan tahap awal dalam mengakomodasi produksi baja dasar.

Serapan besi spons *import* juga sebenarnya adalah suatu input yang dapat dikendalikan sebab banyaknya besi spons *import* yang masuk di Indonesia merupakan kebijakan pemerintah dalam mengendalikan. Penggunaan energi juga merupakan suatu yang bisa dikendalikan walaupun dalam kenyataannya sulit tetapi variabel ini merupakan salah satu variabel paling mempengaruhi untuk biaya produksi besi spons nasional. Biaya energi bisa saja ditekan dengan pergantian teknologi dari reduksi langsung ke reduksi tak langsung yaitu secara langsung akan mengganti penggunaan LNG ke batubara. Pajak *import* juga merupakan salah satu input yang dapat dikendalikan, tetapi perlu diingat ketika pajak *import* untuk besi spons dinaikkan bisa saja harga besi pellet yang masuk Indonesia akan ikut naik.

### **3. Output yang Diinginkan**

Output yang diinginkan merupakan hasil luaran yang diharapkan dari penelitian yang dijalankan. Output yang diinginkan disini ada 3 hal yaitu peningkatan produksi Industri Baja Hulu, harga baja dasar stabil, tingkat kandungan dalam negeri meningkat. Peningkatan produksi Industri Baja Hulu merupakan luaran yang diharapkan bahkan ini merupakan prioritas dalam penelitian ini. Ketika arus serapan baja dasar *import* mulai berkurang, otomatis produksi baja dasar dalam negeri dapat bermain di pasar nasional secara lebih leluasa. Produksi baja dasar dalam negeri diharapkan mampu *mensupplay* kebutuhan baja antara hingga baja antara mampu *mensupplay* kebutuhan baja hilir yang akhirnya dapat memenuhi kebutuhan baja di industri pengkonsumsi.

Harga baja dasar nasional yang dinilai cukup mahal inilah yang membuat konsumen lebih memilih produk *import*. Berkurangnya permintaan akan besi spons nasional membuat produksi lebih mahal daripada sebelumnya karena produksi yang kurang dari kapasitas produksi yang telah disediakan. Penelitian ini diharapkan agar Industri Baja Hulu dapat memaksimalkan produksinya sehingga mampu memberikan

beban yang lebih murah di biaya produksi hingga menghasilkan harga pokok penjualan yang lebih murah daripada sebelumnya. Tingkat kandungan dalam negeri merupakan luaran yang diharapkan sebab Industri Baja di Indonesia sebenarnya belum mampu lepas dari kebutuhan produk *import* dari segi bahan baku. Terlihat dari Industri Baja Hulu, Industri Baja Indonesia masih memerlukan besi pellet *import* karena kandungan sumber daya alam batuanannya masih rendah kadar besinya. Pada Industri Antara juga Indonesia masih memerlukan baja scrap *import* karena jumlah baja scrap dalam negeri masih kurang untuk produksi baja di Industri Baja Antara dan akomodasi untuk pengumpulan baja scrap di Indonesia dinilai kurang baik.

#### **4. Output Tidak Diinginkan**

Output tidak diinginkan merupakan keluaran dari penelitian yang bisa terjadi di dunia nyata dan itu sangat tidak diharapkan karena keberadaannya sangat mengganggu. Pada output tidak diinginkan disini ada 2 hal yaitu Industri Baja Hulu dikuasai produk *import* yang bahkan sekarang sudah terjadi. Keberadaan produk *import* yang menguasai Industri Baja Hulu sehingga mengurangi permintaan besi spons nasional akan berimbas pada penurunan keuntungan pada Industri Baja Hulu Nasional. Baja yang sejatinya merupakan salah satu barang komoditi terpenting negara sehingga keberadaannya perlu dipertahankan membuat Indonesia tetap mempertahankan produksi baja dasar walaupun dalam keadaan perekonomian yang kritis. Hal ini akan berimbas pada kerugian di Industri Baja Hulu dan bahkan kas negara dapat berkurang karena mempertahankan industri ini.

##### **4.2.6 Model Dinamik**

*Model Boundary Diagram* (MBD) dari model dinamik peran kontribusi Industri Baja Hulu Terhadap Pemenuhan Baja Nasional direncanakan sebagaimana Tabel 4.2, dimana semua variabel terkendali dimasukkan sebagai variabel endogen dan variabel eksogen berupa variabel tak terkendali.

**Tabel 4.2** *Model Boundary Diagram* Industri Baja Hulu Nasional

Endogen	Eksogen	Excluded
<b>Jumlah Sumber Daya Alam</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Batubara</li> <li>Dolomit</li> <li><i>Iron Ore/Iron Sand</i></li> <li>Pellet Besi</li> </ul> <b>Investasi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Investor luar negeri</li> <li>Pemerintah</li> <li>Investor dalam negeri</li> </ul> <b>Serapan Besi Spons Import</b> <b>Penggunaan Energi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>LNG</li> <li>Batubara</li> </ul> <b>Pajak Import</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pajak Masuk</li> </ul>	<b>Perilaku Konsumen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Demand</i></li> </ul> <b>Perkembangan Industri</b> <b>Pengkonsumsi Baja</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kebutuhan</li> </ul> <b>Harga Baja Import</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Price Besi Spons Import</li> </ul>	<b>Kebijakan Pemerintah</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pajak</li> <li>Investasi</li> <li>Baja <i>import</i> yang masuk pasar</li> </ul>

Perilaku konsumen terkait dengan *demand*. Peneliti mengidentifikasi *demand* termasuk ke dalam variabel eksogen karena Industri Baja Hulu Nasional tidak dapat mengontrol apakah konsumen akan memilih produk dalam negeri atau produk luar negeri. Peneliti hanya dapat mengendalikan harga pokok penjualan nasional agar dapat stabil dengan harga baja *import* dan dipilih oleh konsumen. Kebutuhan baja di Industri Pengkonsumsi baja termasuk dalam hal tidak dapat dikendalikan sebab Industri Baja tidak dapat mengetahui kepastian perkembangan kebutuhan baja di Industri Pengkonsumsi karena banyak faktor-faktor yang mempengaruhi diluar control Industri Baja Nasional. Harga baja *import* termasuk dalam komoditi tidak dapat dikendalikan. Sebab penentu harga pokok penjualan baja import yang masuk pasar nasional bukanlah Industri Baja ataupun pemerintah, pemerintah hanya bisa bertindak dengan memainkan pajak. Excluded disini adalah input yang ada di



lingkungan dan itu adalah peran pemerintah. Peran pemerintah disini terkait pajak yang dibebankan terhadap produk *import*, investasi untuk Industri Baja Hulu serta menentukan jumlah baja *import* yang masuk ke Indonesia.

#### **4.2.7 Formulasi Permasalahan**

Tahap selanjutnya setelah analisa kebutuhan dilakukan adalah formulasi permasalahan. Tahapan ini dilakukan untuk pengembangan sistem peran industri baja. Masalah utama yang timbul dalam sistem industri hulu baja adalah mahal nya biaya produksi Industri Baja Hulu di Indonesia yang berimbas pada mahal nya harga jual besi spons. Adanya besi spons *import* yang masuk Indonesia juga menjadi catatan tersendiri untuk ketidakstabilan harga jual besi spons nasional karena harus bersaing dengan besi spons *import*, dan ujungnya Industri Baja Hulu harus mengalami kebangkrutan karena biaya produksi yang lebih mahal disbanding harga jual. Faktor-faktor tersebut akan dimasukkan dalam model sistem yang dibuat agar model dapat mewakili keadaan yang sebenarnya.

#### **4.2.8 Identifikasi Subsistem Industri Baja Hulu**

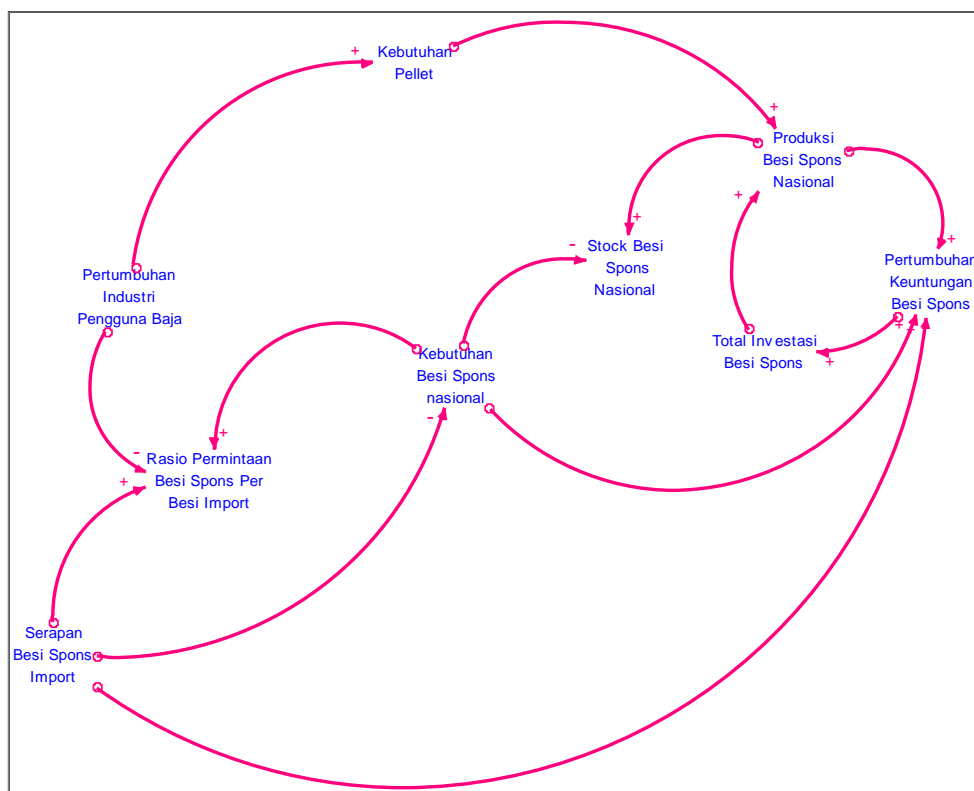
Identifikasi sistem dapat dinyatakan sebagai rantai hubungan antara pernyataan dengan kebutuhan-kebutuhan dengan pernyataan khusus dari masalah yang harus dipecahkan untuk mencukupi kebutuhan tersebut. Identifikasi sistem pada subsistem di Industri Hulu dibagi menjadi 4 bagian yaitu subsistem *demand* besi spons, subsistem *price* besi spons, subsistem *produksi* besi spons dan subsistem teknologi. Berikut adalah model *causal loop* dan model simulasi pada subsistem industri hulu.

##### **1. Subsistem Demand Besi Spons**

Subsistem *demand* memberikan gambaran akan pertumbuhan konsumsi baja nasional, yang berimbas pada kenaikan permintaan besi spons. Adanya produksi besi spons nasional tidak lantas dengan begitu mudah akan diterima dipasaran. Produk besi spons nasional harus bersaing dengan produk besi spons *import* yang membuat

stok besi spons nasional menumpuk karena produksi yang tidak semuanya habis dipasarkan.

Gambar 4.9 memperlihatkan pola hubungan antara pertumbuhan industri pengguna baja hingga mempengaruhi kebutuhan baja hulu yang dipenuhi oleh stok dalam negeri dan serapan baja *import*. Perlu diketahui bahwa kebutuhan besi spons tidak seluruhnya dipenuhi oleh pasokan dalam negeri, tetapi produk besi spons *import* juga memiliki peran cukup besar dalam pemasokan besi spons nasional. Hal ini membuat jumlah produksi besi spons yang dihasilkan tidak seluruhnya terjual, sehingga menyebabkan adanya penumpukan *stock* yang bahkan mungkin akan dijual lebih murah.



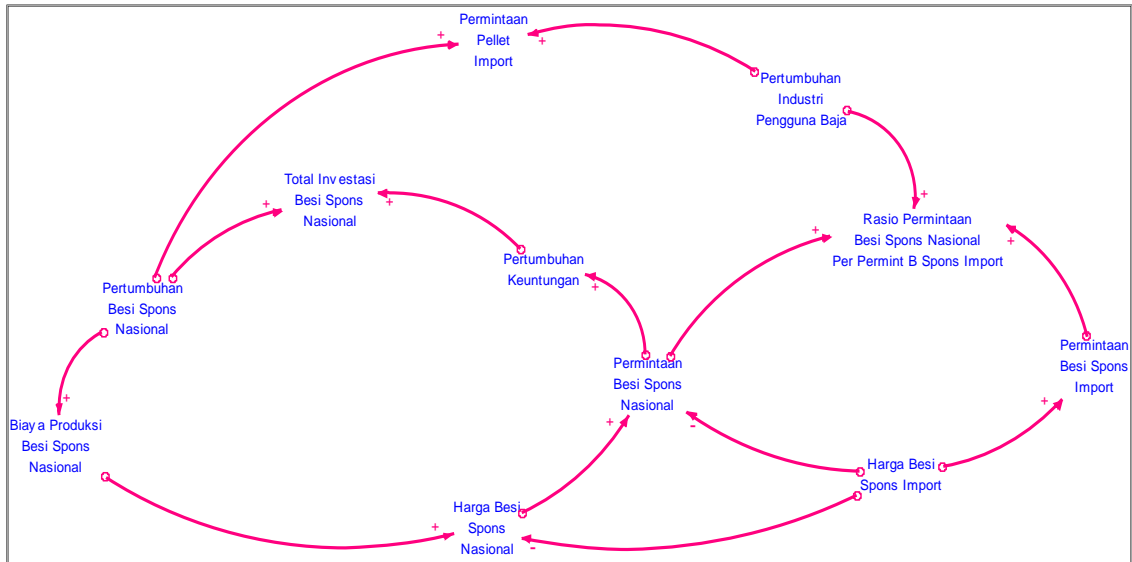
**Gambar 4.9** Causal Loop *Demand* Besi Spons Nasional

Semakin berkembangnya industri pengguna baja, sebenarnya untuk membentuk suatu rangkaian Industri Baja Nasional yang utuh dari hulu ke hilir,

Indonesia memerlukan banyak pasokan produksi baja dasar sebagai awal mula proses pembentukan baja di Industri Baja Hilir. Menurut Fakhreza Abdul seorang *expert* Metalurgi, permasalahan yang ada di Industri Baja Hulu Nasional adalah ketidakmampuan Industri Baja Hulu Nasional dalam memproduksi baja dasar dengan harga yang lebih murah. Ketidakmampuan itu menyebabkan konsumen baja dasar lebih melirik baja dasar *import* yang beredar di pasaran. Dampaknya adalah terjadinya penumpukan *stock* di Industri Baja Hulu. Penumpukan *stock* ini menyebabkan Industri Baja Hulu harus mengurangi produksinya yang sebenarnya membuat biaya produksi semakin mahal. Masuknya baja dasar *import* juga menyebabkan kerugian di Industri Baja Hulu karena mau tidak mau Industri Baja Hulu harus mengikuti perkembangan harga baja *import* yang sekarang beredar di pasaran.

## **2. Subsistem *Price* Besi Spons**

Subsistem ini merupakan pengembangan dari subsistem *demand* dimana hal paling mempengaruhi pada permintaan besi spons nasional dan besi spons *import* dalam memenuhi kebutuhan besi spons nasional adalah adanya harga. Harga merupakan hal yang paling berperan dalam pemilihan besi spons nasional dan besi spons *import*. Adanya harga besi spons yang murah dan lebih diminati otomatis akan membuat harga pasaran besi spons nasional ikut turun.



**Gambar 4.10** Causal Loop Price Besi Spons Nasional

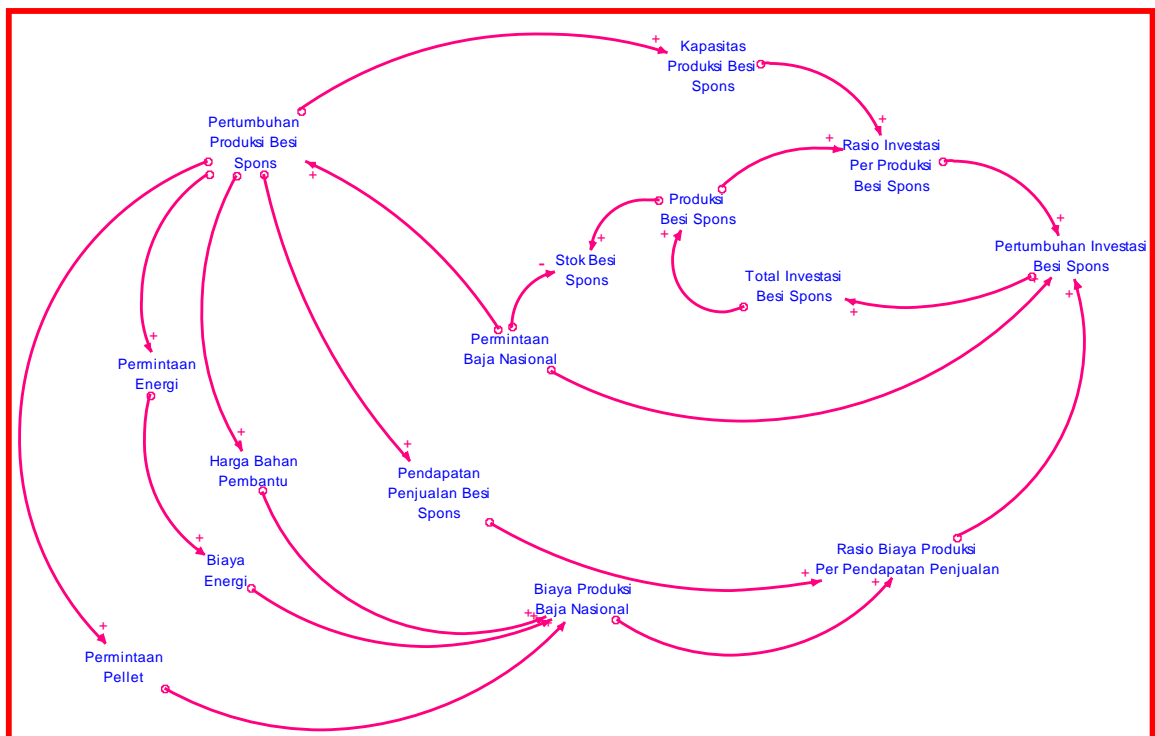
Salah satu permasalahan di Industri Baja Hulu yang menyebabkan mahal biaya produksi baja dasar adalah ketidakmampuan Indonesia dalam memproduksi pellet besi. Pellet besi merupakan salah satu bahan utama pembentukan baja dasar. Menurut Daryus, 2008 mahal pembangunan industri yang memproduksi pellet besi dibarengi dengan ketidak adanya sumber mineral besi dengan kadar yang cukup untuk pembentukan pellet membuat Industri Baja Hulu tidak mampu memproduksi pellet besi sendiri sehingga harus mengimport pellet besi dari luar negeri. Padahal semakin bertumbuhnya Industri pengguna baja, maka Industri Hulu Baja semakin membutuhkan banyak konsumsi pellet besi untuk produksi baja dasar. Ketidakmampuan Industri Baja Hulu dalam memproduksi pellet besi menyebabkan harga baja dasar semakin mahal, mahal harga baja dasar yang harus bersaing dengan baja dasar *import* menyebabkan mau tidak mau Industri Baja Hulu harus mengikuti arus harga baja *import* dan itu menyebabkan kerugian di Industri Baja Hulu, karena biaya produksi dan harga jual yang tidak sebanding.

### 3. Subsistem Produksi Besi Spons

Subsistem ini merupakan subsistem paling mempengaruhi diantara subsistem yang lain. Subsistem ini memuat rangkaian variabel-variabel terkait antara pola

kebutuhan baja nasional yang mempengaruhi pola permintaan besi spons import dan besi spons nasional.

Produksi besi spons merupakan hal yang paling mempengaruhi untuk penjualan besi spons dipasar nasional. Menurut *expert* Metalurgi Fakhreza Abdul, pada produksi besi spons, hal yang membuat biaya produksi mahal adalah biaya energi yaitu berupa LNG. Harga LNG yang terus naik dengan komposisi konsumsi produksi yang tidak sedikit membuat variabel ini merupakan variabel paling mempengaruhi dalam menentukan biaya produksi besi spons. Tidak hanya itu, pellet yang merupakan bahan baku utama juga merupakan variabel berpengaruh dalam biaya produksi besi spons. Penggunaan mesin *Direct Reduction Iron* memungkinkan adanya reduksi langsung yang menyebabkan harus digunakannya pellet sebagai bahan baku utama. Pellet yang tidak diproduksi di Indonesia, menyebabkan Indonesia harus mengimpor dari luar dan akhirnya biaya produksi untuk besi spons semakin membengkak.



**Gambar 4.11** Causal Loop Diagram Produksi Besi Spons

#### 4. Subsistem Teknologi

Subsistem ini sebenarnya merupakan fenomena dari pilihan skenario yang akan dibuat. Besi spons dalam proses produksinya pada reduksi secara langsung menggunakan mesin *Direct Reduction Iron* sebenarnya bukan satu-satunya pilihan dalam pembuatan baja dasar. Alternatif lainnya adalah dengan menggunakan *Blash Furnace* atau reduksi secara tidak langsung yang hasil akhirnya adalah berupa pig iron. Banyaknya *iron ore* dan *iron sand* yang tersebar di Indonesia membuat Indonesia sebenarnya memiliki potensi untuk mengembangkan Industri Baja menjadi rangkaian yang utuh terutama di Industri Baja Hulu. Tetapi kandungan Fe dari bahan baku *iron ore* dan *iron sand* yang tersebar di Indonesia tidak memiliki kadar yang cukup tinggi sehingga penggunaannya harus tetap di *blanding* dengan pellet *import* yang kandungan Fe-nya lebih tinggi dan sekarang didominasi oleh pellet dari *Brazilia*. PT.Krakatau Steel sebagai pabrik pembuat baja terpadu di Indonesia berencana membuat *Blash Furnace* dengan bahan baku utama 45% adalah dari Indonesia. Rencana pembangunan *Blash Furnace* yang tak kunjung diselesaikan tidak lain karena keterbatasan investasi. Menurut PT.Krakatau Steel, untuk membangun fasilitas *Blash Furnace* dengan kapasitas 1,2 juta ton diperlukan investasi sebesar \$1.15 miliar. Bandingkan dengan investasi pembangunan *Direct Reduction Iron* dengan kapasitas 315 ribu ton, hanya diperlukan investasi sebesar \$100 juta. Harga yang cukup fantastis untuk pembangunan fasilitas Industri *Blash Furnace*. Padahal kebutuhan konsumsi baja dasar Indonesia lebih dari 1,2 juta ton per tahun.

**Tabel 4.3** Potensi Kandungan Kadar Fe Bijih Besi dan Pasir Besi di Indonesia

<b>Tipe Bijih Besi</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Cadangan (Ton)</b>	<b>Kadar Fe</b>
Bijih Primer (Kadar besi tinggi dalam bentuk bongkahan)	Kalimantan Selatan	11.675.000	43.3%-66.04%
	Kalimantan Barat	1.000.000	55%
	Bellitung	7.400.000	62.25%
	Lampung	5.243.000	42.5%-63.5%
Bijih Laterit (Mengandung Ni dan Cr)	Sulawesi Tengah	373.200.000	38%-59%

**Lanjutan Tabel 4.3** Potensi Kandungan Kadar Fe Bijih Besi dan Pasir Besi di Indonesia

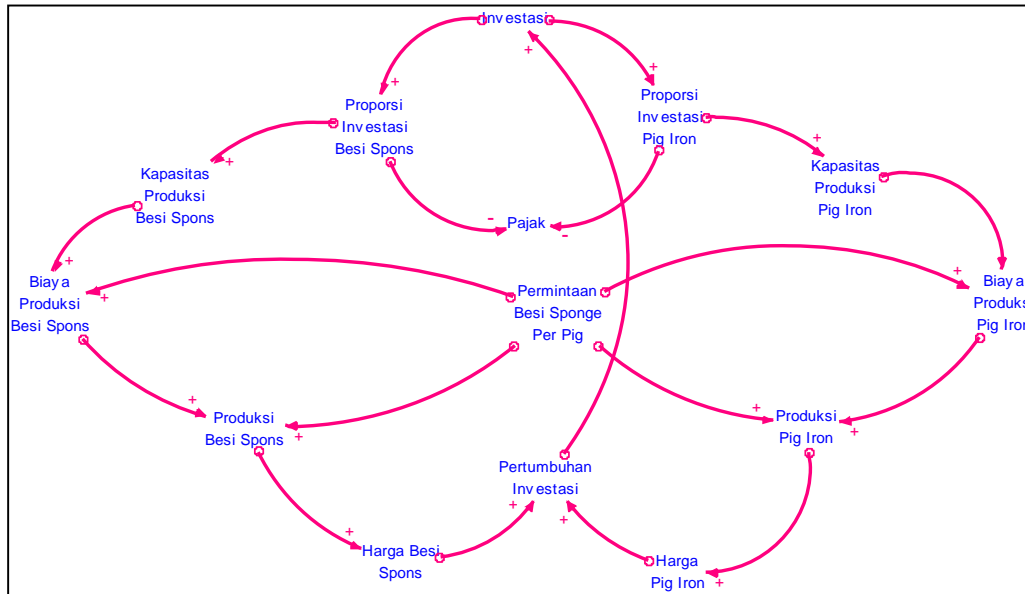
<b>Tipe Bijih Besi</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Cadangan (Ton)</b>	<b>Kadar Fe</b>
Pasir Besi (Banyak mengandung Titanium)	Jawa Barat	3.097.000	38%-58.32%
	Jawa Tengah	82.267.000	59%
	Jogja	30.668.000	59%
	Jawa Timur	15.979.000	51.29%-51.51%

**Sumber:** Kementerian Mineral dan Energi 2013

Banyak penelitian yang sudah dilakukan oleh LIPI dengan menggunakan alat *Blash Furnace* mini pada *blanding* menggunakan bijih laterit dan pellet. Kandungan Nikel yang terkandung didalamnya digadang-gadang membuat baja lebih tahan karat, oleh sebab itu banyak perusahaan pengelola *pig iron* di dunia lebih cenderung memproduksi *nikel pig iron*. Tetapi bijih laterit juga memiliki kadungan Nikel yang sedikit yaitu sekitar 0.2% sehingga tidak terlalu berpengaruh jika dibuat *pig iron* biasa.

Titanium merupakan logam murni yang berlimpah ruah keempat didunia. Titanium memiliki kekuatan seperti baja tetapi 45% jauh lebih ringan dibandingkan baja. Kandungan titanium dalam pasir besi yang pada akhirnya dibuat baja dasar akan membuat baja memiliki massa yang lebih ringan dan cocok untuk sarana penerbangan.

Bijih primer disini masih berbentuk bongkahan sehingga jika ingin digunakan pada *Blash Furnace* harus dihancurkan terlebih dahulu.



**Gambar 4.12** Causal Loop Diagram Teknologi Pembuatan Baja Dasar

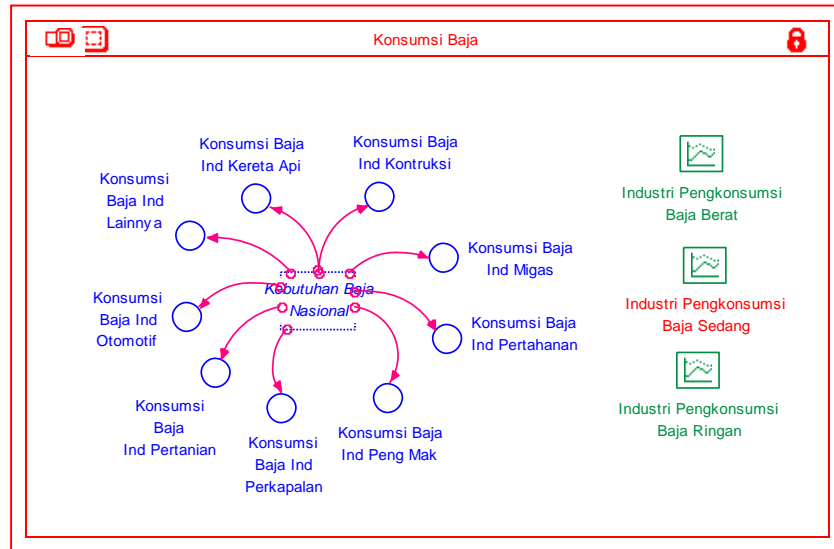
Gambar 4.12 memperlihatkan pola hubungan antara produksi dengan teknologi mesin *Direct Reduction Iron* dengan *Blash Furnace* dari segi investasi yang dikeluarkan untuk produksi hingga banyaknya produk besi dasar yang dihasilkan dan menghasilkan biaya produksi hingga bisa menarik harga pasaran yang akan berlaku.

#### 4.2.9 Stock Flow Diagram

##### 1. Stock Flow Demand Besi Spons

Pertumbuhan Industri Pengkonsumsi Baja yang terus berkembang akan membuat banyaknya permintaan baja nasional. Perkembangan permintaan baja inilah yang membuat ikut berkembangnya permintaan akan baja dasar. Baja dasar yang sejatinya berada pada Industri Baja Hulu merupakan barang wajib baik pada pembuatan Industri Baja Antara sampai ke Industri Baja Hilir. Hal inilah yang membuat penulis lebih mengedepankan fokus penelitian pada perkembangan baja dasar untuk memenuhi kebutuhan baja pada industri pengkonsumsi.



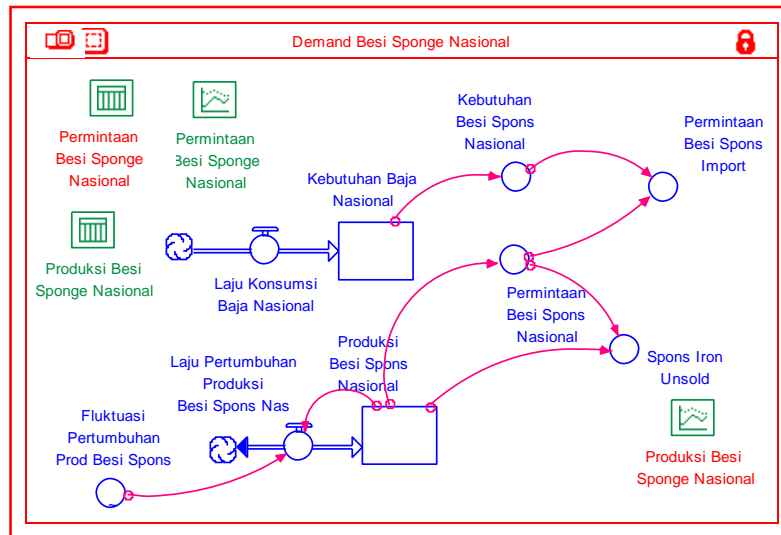


**Gambar 4.13** *Stock Flow* Konsumsi Baja di Industri Pengkonsumsi Baja

Gambar 4.13 memperlihatkan sebuah kerangka *stock flow* dimana pertumbuhan kebutuhan baja nasional dipengaruhi oleh kebutuhan 9 Industri Pengkonsumsi Baja. Pada *stock flow* tersebut akan dibagi 3 kelompok yaitu Industri Pengkonsumsi Berat, Industri Pengkonsumsi Sedang dan Industri Pengkonsumsi Ringan untuk memperlihatkan gambaran industri mana yang paling banyak menggunakan baja dan proyeksi konsumsi mendatang. Sebagai catatan, hasil proyeksi ini juga dapat digunakan penelitian selanjutnya di bagian Industri Baja Hilir untuk perkiraan jenis baja apa yang paling banyak dibutuhkan di masa mendatang.

**Tabel 4.4** Formula *Stock Flow* Konsumsi Baja di Industri Pengkonsumsi

Variabel	Formula	Unit
Konsumsi Baja Ind Kereta Api	$0.025160539 * \text{Kebutuhan\_Baja\_Nasional}$	Ton
Konsumsi Baja Ind Kontruksi	$0.511496737 * \text{Kebutuhan\_Baja\_Nasional}$	Ton
Konsumsi Baja Ind Migas	$0.022661806 * \text{Kebutuhan\_Baja\_Nasional}$	Ton
Konsumsi Baja Ind Pengemas Makanan	$0.002357214 * \text{Kebutuhan\_Baja\_Nasional}$	Ton
Konsumsi Baja Ind Pertahanan	$0.003196226 * \text{Kebutuhan\_Baja\_Nasional}$	Ton
Konsumsi Baja Ind Pertanian	$0.000307771 * \text{Kebutuhan\_Baja\_Nasional}$	Ton
Konsumsi Baja Ind Otomotif	$0.324206259 * \text{Kebutuhan\_Baja\_Nasional}$	Ton
Konsumsi Baja Ind Perkapalan	$0.100790276 * \text{Kebutuhan\_Baja\_Nasional}$	Ton
Konsumsi Baja Ind Lainnya	$0.009823172 * \text{Kebutuhan\_Baja\_Nasional}$	Ton



**Gambar 4.14** Stock Flow Demand Besi Spons Nasional

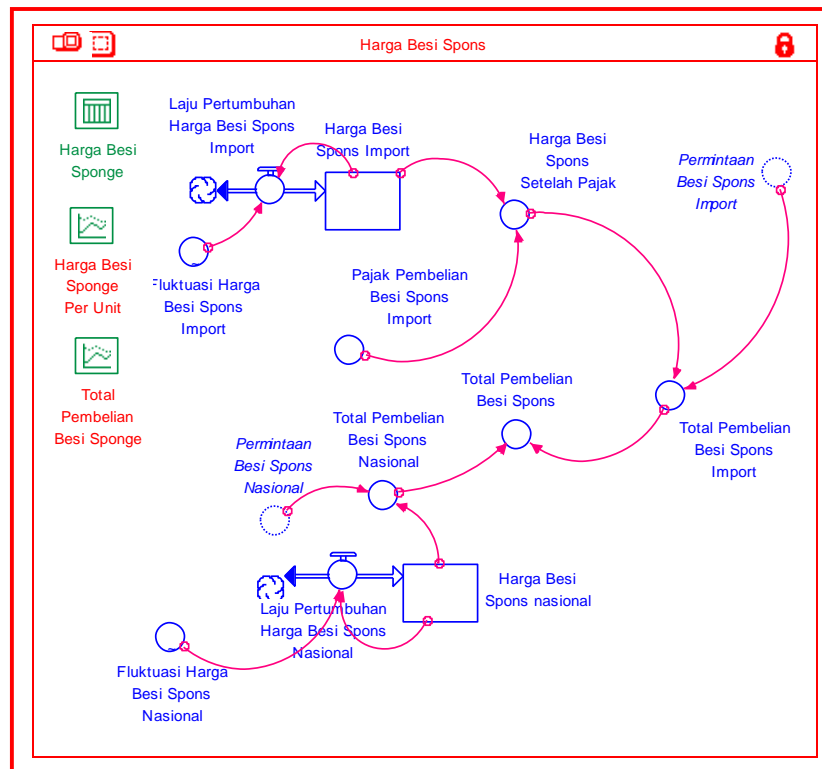
Gambar 4.14 memperlihatkan *demand* besi spons nasional yang dipengaruhi oleh permintaan besi spons *import* hingga pada akhirnya permintaan akan besi spons nasional kurang dari produksinya yang menyebabkan adanya stok produk tak terjual.

**Tabel 4.5** Formula Stock Flow Demand Besi Spons Nasional

Variabel	Formula	Unit
Kebutuhan Baja Nasional	$Kebutuhan\_Baja\_Nasional(t - dt) + (Laju\_Konsumsi\_Baja\_Nasional) * dt$	Ton
Kebutuhan Besi Spons	$0.439446613 * Kebutuhan\_Baja\_Nasional$	Ton
Permintaan Besi Spons <i>Import</i>	$Kebutuhan\_Besi\_Spons\_Nasional - Permintaan\_Besi\_Spons\_Nasional$	Ton
Permintaan Besi Spons Nasional	$0.545165395 * Produksi\_Besi\_Spons\_Nasional$	Ton
Produksi Besi Spons	$Produksi\_Besi\_Spons\_Nasional(t - dt) + (Laju\_Pertumbuhan\_Produksi\_Besi\_Spons\_Nas) * dt$	Ton
Spons <i>Iron Unsold</i>	$Produksi\_Besi\_Spons\_Nasional - Permintaan\_Besi\_Spons\_Nasional$	Ton
Fluktuasi Pertumbuhan Produksi Besi Spons	$(n - (n - 1)) / n$	-

## 2. Stock Flow Price Besi Spons

*Stock flow price* besi spons memperlihatkan hubungan dimana harga menjadi suatu acuan pemilihan produk besi spons nasional ataupun besi spons *import*. Pada dunia nyata produk besi spons *import* yang masuk Indonesia dengan harga lebih rendah menyebabkan permintaan akan besi spons *import* semakin bertambah dan hal tersebut mau tidak mau membuat pasaran besi spons produk dalam negeri ikut goyah sehingga besi spons nasional berusaha menyamai harga pasaran produk import dan imbasnya pada pengurangan keuntungan Industri Baja Hulu.



Gambar 4.15 Stock Flow Harga Besi Spons

Tabel 4.6 Formula Stock Flow Price Besi Spons Nasional

Variabel	Formula	Unit
Harga Besi Spons <i>Import</i>	$\text{Harga\_Besi\_Spons\_Import}(t - dt) + (\text{Laju\_Pertumbuhan\_Harga\_Besi\_Spons\_Import}) * dt$	\$
Harga Besi Spons Nasional	$\text{Harga\_Besi\_Spons\_Nasional}(t - dt) + (\text{Laju\_Pertumbuhan\_Harga\_Besi\_Spons\_Nasional}) * dt$	\$

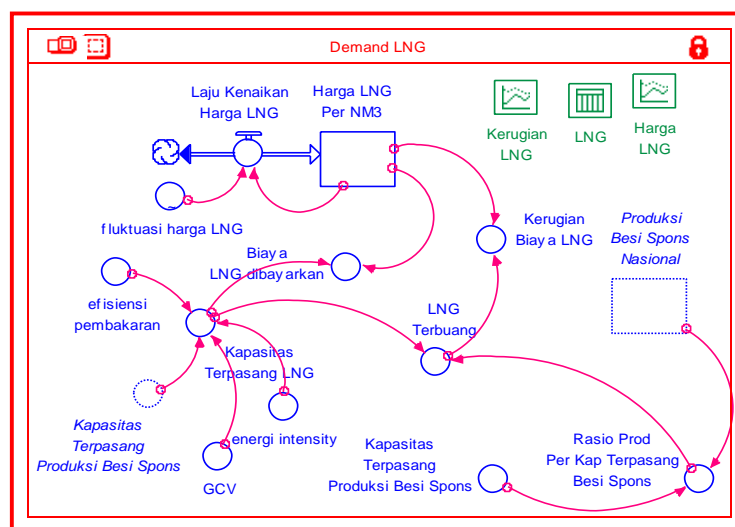
Lanjutan Tabel 4.6 Formula *Stock Flow Price* Besi Spons Nasional

Variabel	Formula	Unit
Harga Besi Spons <i>Import</i> Setelah Pajak	$\frac{(\text{Pajak\_Pembelian\_Besi\_Spons\_Import} * \text{Harga\_Besi\_Spons\_Import}) + \text{Harga\_Besi\_Spons\_Import}}{\text{Permintaan\_Besi\_Spons\_Import}}$	\$
Total Pembelian Besi Spons <i>Import</i>	$\text{Harga\_Besi\_Spons\_Setelah\_Pajak} * \text{Permintaan\_Besi\_Spons\_Import}$	\$
Total Pembelian Besi Spons	$\text{Total\_Pembelian\_Besi\_Spons\_Nasional} + \text{Total\_Pembelian\_Besi\_Spons\_Import}$	\$

### 3. *Stock Flow* Produksi Besi Spons

*Stock flow* produksi besi spons merupakan aspek terpenting dari semua *stock flow* yang ada karena *stock flow* ini akan memperhitungkan berapa biaya bahan baku yang akan dikeluarkan hingga mendapatkan output berapa keuntungan yang bisa didapat.

LNG (*Liquefied Natural Gas*) merupakan suatu gas alam yang dicairkan dengan cara pendinginan sampai suhu  $-160^{\circ}\text{C}$  dengan menggunakan tekanan atmosferik yang akhirnya menghasilkan gas dalam bentuk cair. Pada proses pembentukan baja dasar berupa besi spons, LNG merupakan energy yang digunakan untuk pembakaran.

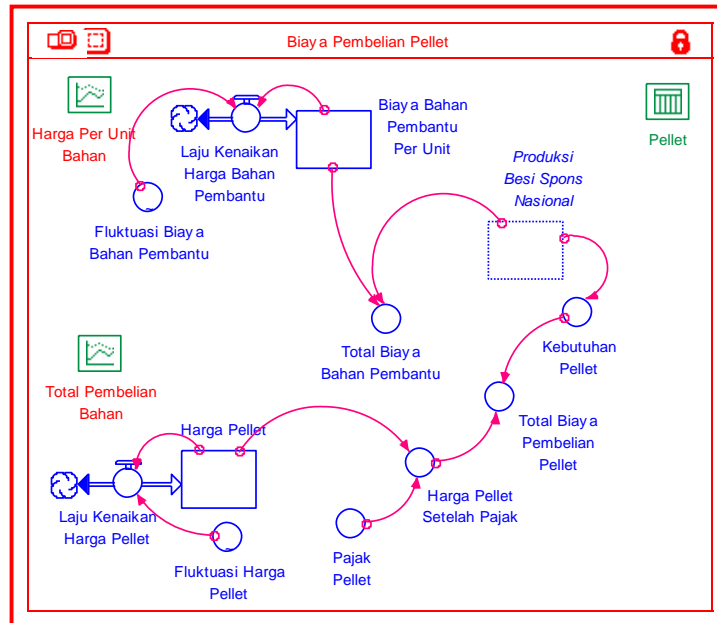


Gambar 4.16 *Stock Flow Demand LNG*

**Tabel 4.7** Formula *Stock Flow Demand* LNG

Variabel	Formula	Unit
Harga LNG	$\text{Harga\_LNG\_Per\_NM3}(t - dt) + (\text{Laju\_Kenaikan\_Harga\_LNG}) * dt$	\$
Laju Kenaikan Harga LNG	$\text{Harga\_LNG\_Per\_NM}^3 * \text{fluktuasi\_harga\_LNG} * 1/DT$	\$
Kapasitas Terpasang LNG	$((\text{energi\_intensity}/\text{GCV})/\text{efisiensi\_pembakaran}) * \text{Kapasitas\_Terpasang\_Produksi\_Besi\_Spons}$	NM <sup>3</sup>
LNG Terbuang	$(1 - \text{Rasio\_Prod\_Per\_Kap\_Terpasang\_Besi\_Spons}) * \text{Kapasitas\_Terpasang\_LNG}$	NM <sup>3</sup>
Kerugian LNG	$\text{Harga\_LNG\_Per\_NM}^3 * \text{LNG\_Terbuang}$	\$
Biaya yang Dibayarkan	$\text{Harga\_LNG\_Per\_NM}^3 * \text{Kapasitas\_Terpasang\_LNG}$	\$

Bahan pembantu pada pembentukan besi spons ada 2 macam yaitu kokas atau batubara kering yang berfungsi sebagai pembentuk gas CO yang digunakan sebagai reduktor yang mengikat oksigen untuk ekstraksi logam dari bijih logamnya dan dolomite yang merupakan mineral yang menghasilkan kalium sulfat yang digunakan sebagai pengurai kotoran dari logam. Pellet yang digunakan dalam pembentukan besi spons di Indonesia berasal dari Brazilia yang memiliki kandungan Fe 88% sampai 91%. Banyaknya mineral batuan mengandung senyawa Fe di Indonesia tidak serta merta membuat Indonesia bebas dari mineral *import* akan bahan baku utama pembentukan baja. Pasalnya batuan-batuan mineral yang terdapat di Indonesia memiliki kandungan kadar Fe yang cukup rendah, dan paling tinggi hanya bekisar 66% dan itupun jumlahnya terbatas. Oleh sebab itu ketika rencana pembuatan *Blash Furnace* nanti berlangsung, PT.Krakatau Steel berencana menggunakan 45% dari batuan yang berasal dari Indonesia untuk produk *pig iron* nantinya.

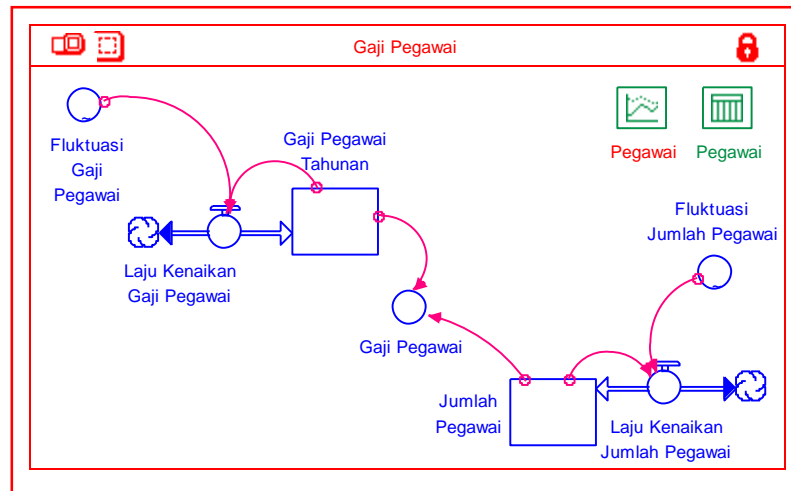


**Gambar 4.17** Stock Flow Biaya Pembelian Pellet

**Tabel 4.8** Formula Stock Flow Biaya Pembelian Pellet

Variabel	Formula	Unit
Total Biaya Bahan Pembantu	$\text{Biaya\_Bahan\_Pembantu\_Per\_Unit\_Prod} * \text{Produksi\_Besi\_Spons\_Nasional}$	\$
Kebutuhan Pellet	$0.964519 * \text{Produksi\_Besi\_Spons\_Nasional}$	\$
Total Biaya Pembelian Pellet	$\text{Harga\_Pellet\_Setelah\_Pajak} * \text{Kebutuhan\_Pellet}$	\$
Harga Pellet Setelah Pajak	$\text{Harga\_Pellet\_Setelah\_Pajak} = \text{Harga\_Pellet} * (1 + \text{Pajak\_Pellet})$	\$
Biaya Bahan Pembantu	$\text{Biaya\_Bahan\_Pembantu\_Per\_Unit}(t - dt) + (\text{Laju\_Kenaikan\_Harga\_Bahan\_Pembantu}) * dt$	\$
Harga Pellet	$\text{Harga\_Pellet}(t - dt) + (\text{Laju\_Kenaikan\_Harga\_Pellet}) * dt$	\$

Gaji pegawai merupakan salah satu factor yang mempengaruhi dalam penambahan biaya produksi besi spons nasional. Tingginya kebutuhan hidup dan naiknya arus dollar yang kian lama fluktuatif dan tak terkendali membuat Industri Baja Hulu harus tetap memikirkan kesejahteraan pegawainya walaupun produksi dengan keuntungan yang didapat berada dalam kondisi tidak stabil.

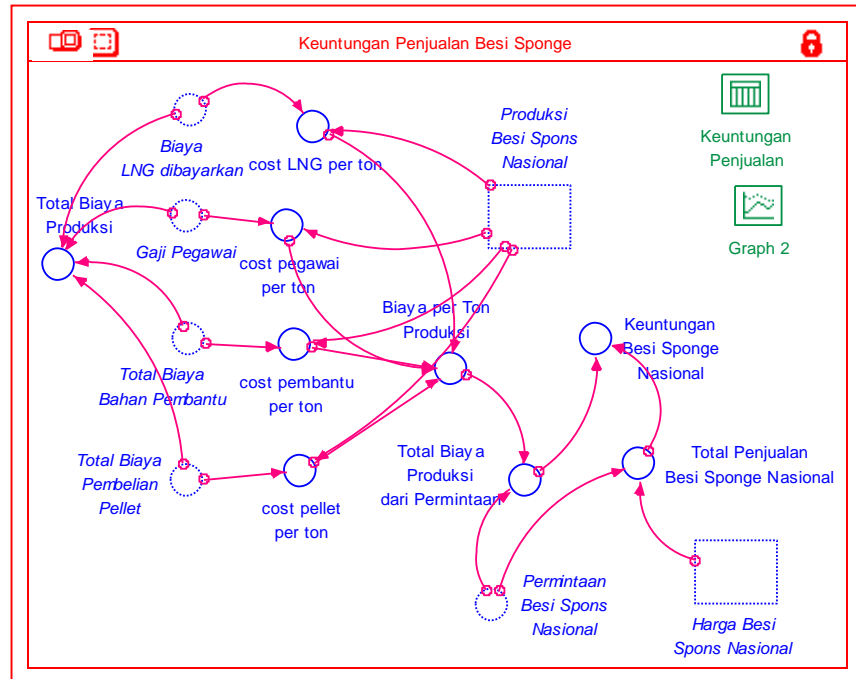


**Gambar 4.18** Stock Flow Gaji Pegawai Industri Baja Hulu

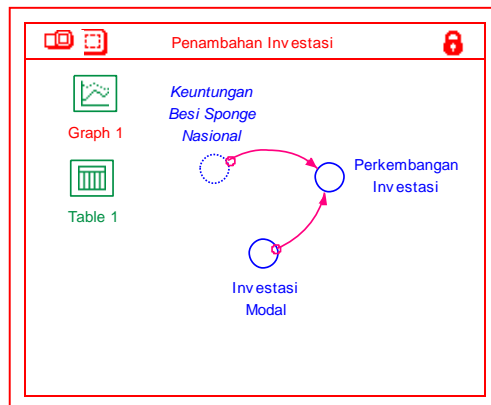
**Tabel 4.9** Formula Stock Flow Gaji Pegawai Industri Baja Hulu

Variabel	Formula	Unit
Gaji Pegawai Tahunan	$Gaji\_Pegawai\_Tahunan(t - dt) + (Laju\_Kenaikan\_Gaji\_Pegawai) * dt$	\$
Gaji Pegawai	$Gaji\_Pegawai\_Tahunan(t - dt) + (Laju\_Kenaikan\_Gaji\_Pegawai) * dt$	\$
Jumlah Pegawai	$Jumlah\_Pegawai(t - dt) + (Laju\_Kenaikan\_Jumlah\_Pegawai) * dt$	Worker

Keuntungan penjualan besi spons didasarkan atas variabel harga pokok penjualan besi spons di pasaran dikurangi dengan biaya produksi. Pada model ini penentu biaya produksi dibatasi pada 4 variabel penentu yaitu biaya LNG yang dibayarkan sebagai energy yang digunakan dalam proses produksi, gaji pegawai, biaya bahan pembantu dan biaya pembelian pellet sebagai bahan baku utama.



**Gambar 4.19** Stock Flow Keuntungan Penjualan Besi Spons



**Gambar 4.20** Stock Flow Perkembangan Investasi

**Tabel 4.10** Formula Stock Flow Keuntungan Penjualan Besi Spons

Variabel	Formula	Unit
Total Biaya Produksi dari Permintaan	$\text{Permintaan\_Besi\_Spons\_Nasional} * \text{Biaya\_per\_Ton\_Produksi}$	\$
Biaya Per Ton Produki	$\text{cost\_LNG\_per\_ton} + \text{cost\_pegawai\_per\_ton} + \text{cost\_pellet\_per\_ton} + \text{cost\_pembantu\_per\_ton}$	\$
Total Penjualan Besi Spons Nasional	$\text{Harga\_Besi\_Spons\_Nasional} * \text{Permintaan\_Besi\_Spons\_Nasional}$	\$
Keuntungan Besi Spons Nasional	$\text{Total\_Penjualan\_Besi\_Sponge\_Nasional} - \text{Total\_Biaya\_Produksi\_dari\_Permintaan}$	\$

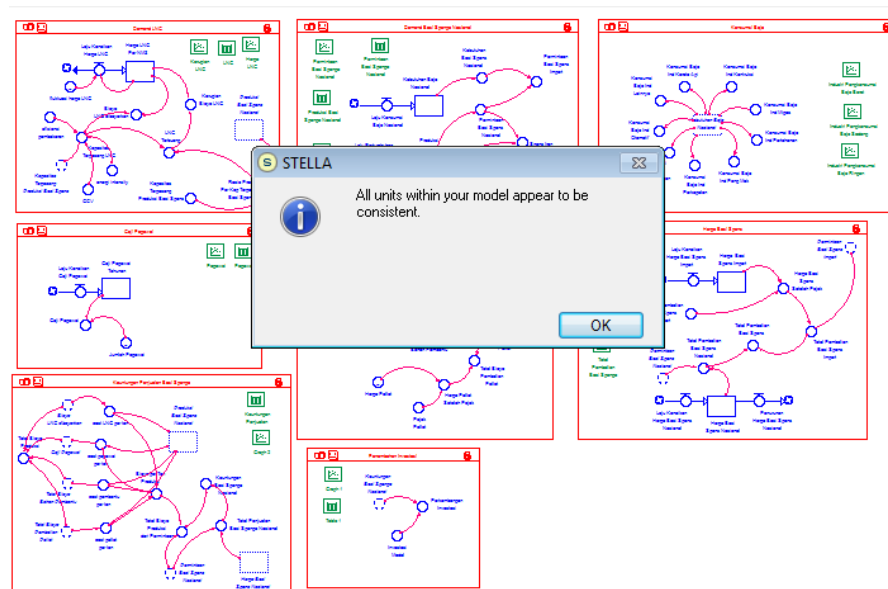


### 4.3 Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi dan validasi merupakan awal mula uji yang dilakukan untuk mengetahui apakah model simulasi dapat melakukan simulasi pada program komputer dengan baik dan mengetahui sejauh mana model yang telah dibuat sama dengan keadaan nyata Industri Baja Hulu Nasional.

### 4.3.1 Verifikasi Model

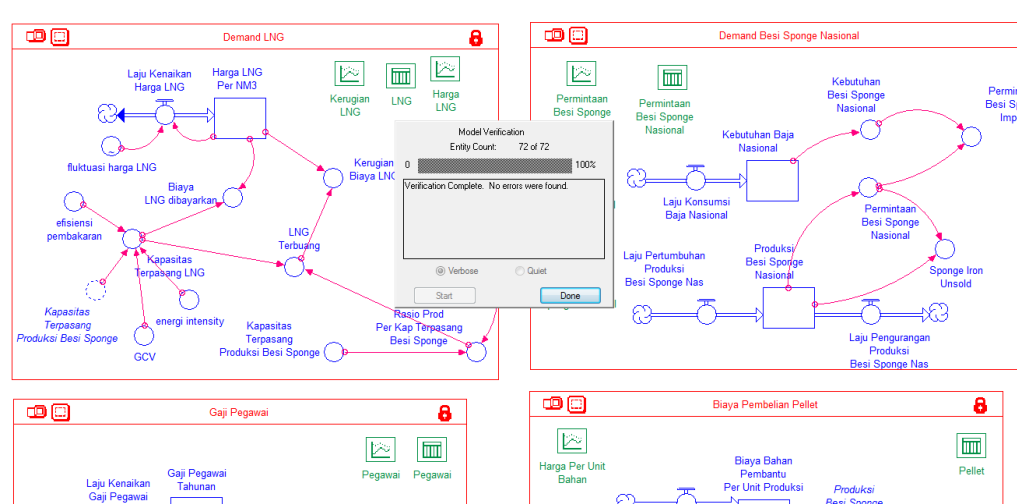
Verifikasi model dilakukan untuk memberikan pembuktian pada model simulasi komputer telah mampu melakukan simulasi dari suatu model abstrak yang dikaji (Eriyatno 1998 dalam Hertisari 2004). Dalam hal lain dikatakan bahwa verifikasi merupakan sebuah proses untuk meyakinkan bahwa program komputer yang dilakukan telah benar penerapannya. Cara untuk melakukan verifikasi dan validasi model adalah menguji sejauh mana program komputer yang telah dibuat mampu menunjukkan hasil perilaku dan respon sesuai dengan tujuan dari model. Berikut adalah hasil model verifikasi Industri Hulu Baja Nasional.



**Gambar 4.21** *Check Unit Simulasi Seluruh Model Industri Baja Hulu Nasional*

Gambar 4.21 adalah uji verifikasi *check unit* yang dilakukan di seluruh submodel Industri Baja Hulu Nasional. Pada gambar tersebut tampak bahwa seluruh

model telah memenuhi uji verivikasi dimana unit-unit yang berkaitan sesuai dan dapat menjalankan proses simulasi selanjutnya.



**Gambar 4.22** Check Error Simulasi Seluruh Model Industri Baja Hulu Nasional

Gambar 4.22 diatas menunjukkan adanya *check error* seluruh unit Industri Hulu Baja Nasional dimana dalam verifikasi tersebut dapat dikatakan bahwa seluruh model memenuhi tahap verifikasi dalam *check error* dan dapat melakukan simulasi selanjutnya.

#### 4.3.2 Validasi Model

Validasi model merupakan langkah untuk melihat apakah model yang telah dibuat telah sama atau mendekati sama dari keadaan sebenarnya sehingga dapat membuat hasil simulasi yang dapat mewakili keadaan sebenarnya. Validasi disini memiliki tujuan untuk mengetahui kesesuaian hasil simulasi dengan keadaan yang ditirukan. Model dapat dikatakan baik jika simpangan hasil simulasi dengan keadaan nyata memiliki nilai *error* yang kecil. Hasil simulasi dyang sudah dilakukan validasi dapat digunakan untuk mengetahui perilaku, efek, serta kecenderungan untuk proyeksi dimasa yang akan datang yang akan dijadikan dasar bagi pengambil keputusan untuk merumuskan suatu kebijakan di masa yang akan datang.

## **1. Uji Kecukupan Batasan (*Boundary Adequacy Test*)**

Uji kecukupan batasan adalah representasi variabel yang ada dapat mewakili sistem. Pengujian batasan biasanya dapat dilakukan dengan *in-depth interview* dari pihak yang bersangkutan, opini dari beberapa ahli dan studi literatur terkait dengan variabel-variabel yang berpengaruh dan interaksinya untuk dapat digunakan pada struktur model.

Variabel-variabel yang digunakan merupakan variabel yang cukup mempengaruhi aktifitas-aktifitas yang terjadi di Industri Baja Hulu. Pada submodel *demand* terdapat variabel konsumsi baja nasional, variabel konsumsi ini dapat mempresentasikan kebutuhan ton besi spons nasional dimana kebutuhannya *disupplay* oleh produsen dalam negeri dan luar negeri yang bersaing di pasar nasional. Berlanjut pada submodel *price*. Submodel ini memperlihatkan nilai historis dari harga besi spons dalam negeri maupun luar negeri, dimana harga ini akan bersaing yang pada akhirnya dapat menjatuhkan harga besi spons dalam negeri. Pada submodel variabel produksi memperlihatkan pasokan produksi yang melebihi dari permintaan besi spons lokal. Hal tersebut merupakan imbas dari adanya produk *import* yang masuk ke Indonesia. Pada pola submodel ini, *stock flow* memperlihatkan adanya produksi yang tak seimbang antara produksi dan kapasitas besi spons yang ada. Nilai produksi yang tak seimbang dengan nilai permintaan akhirnya membuat stok besi spons nasional menumpuk yang pada akhirnya dijual dengan harga lebih rendah. Dari hasil simulasi keuntungan besi spons nasional memperlihatkan nilai keuntungan mulai merugi ditahun 2015, hal tersebut sama halnya di kejadian nyata. Kerugian akan Industri Baja Hulu dimulai pada tahun 2015.

## **2. Uji Penilaian Struktur (*Structure Assessment Test*)**

Menurut Sterman (2000) uji penilaian struktur dilakukan untuk menilai kesesuaian struktur model dengan sistem yang sebenarnya. Sebagai contoh pada variabel permintaan besi spons nasional, yang dipengaruhi oleh konsumsi baja nasional di Industri Baja Kasar, serta dipengaruhi oleh permintaan besi spons *import*. Produksi besi spons dipengaruhi oleh permintaan besi spons dan stock yang ada yang berujung pada produksi kurang dari kapasitas yang ada.

Penilaian struktur model juga dapat memperlihatkan kuatnya pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain dan subsistem terhadap subsistem lain. Faktor-faktor yang mempengaruhi Industri Baja Hulu dijadikan sebagai variabel-variabel kunci dimana selanjutnya dibangun hubungan antar variabel dalam suatu *causal loop diagram* seperti diterangkan pada Gambar 4.1 *Causal Loop Demand* yang memasukkan variabel-variabel yang mempengaruhi permintaan besi spons nasional, berikutnya pada Gambar 4.2 *Causal Loop Price* merupakan pengembangan dari *Causal Loop Demand* dengan menambahkan variabel harga sebagai variabel yang mempengaruhi permintaan besi spons nasional dan besi spons import, tahap berikutnya adalah Gambar 4.3 *Causal Loop Produksi*. Submodel ini merupakan pengembangan dari submodel sebelumnya dengan gambaran alur sistem Industri Baja Hulu dengan lebih jelas.

### **3. Uji Penilaian Parameter (*Parameter Assessment Test*)**

Menurut Sterman (2000) uji penilaian parameter adalah uji yang dilakukan untuk menilai kesesuaian variabel-variabel kunci dengan variabel-variabel yang mempengaruhi. Pengujian ini dapat dilakukan dengan cara yang sederhana yaitu dengan melihat dua variabel atau lebih yang saling berhubungan, membandingkan logika aktual dengan hasil simulasi. Hasil simulasi dapat dikatakan baik jika pola yang berhubungan saling mempengaruhi atau sama dengan logika actual. Variabel yang diuji misalkan kebutuhan besi spons nasional terhadap permintaan besi spons nasional dan besi spons *import*. Ketika arus permintaan akan besi spons nasional terus melandai turun maka kebutuhan akan besi spons nasional akan diisi oleh besi spons *import*.

**Tabel 4.11** Perbandingan Laju Kebutuhan Besi Spons Nasional Terhadap Permintaan Besi Spons Import dan Permintaan Besi Spons Nasional

Tahun	Kebutuhan Besi Spons Nasional	Permintaan Besi Spons Import	Permintaan Besi Spons Nasional
2010	4,273,398.59	3,579,784.66	693,613.93
2011	4,848,305.59	4,156,010.95	692,294.63
2012	5,423,212.58	4,732,237.25	690,975.33
2013	5,998,119.58	5,308,463.55	689,656.03
2014	6,573,026.58	5,884,689.85	688,336.73
2015	7,147,933.58	6,460,916.15	687,017.43
2016	7,722,840.58	7,037,142.45	685,698.13
2017	8,297,747.58	7,613,368.75	684,378.83
2018	8,872,654.57	8,189,595.04	683,059.53
2019	9,447,561.57	8,765,821.34	681,740.23
2020	10,022,468.57	9,342,047.64	680,420.93
2021	10,597,375.57	9,918,273.94	679,101.63
2022	11,172,282.57	10,494,500.24	677,782.33

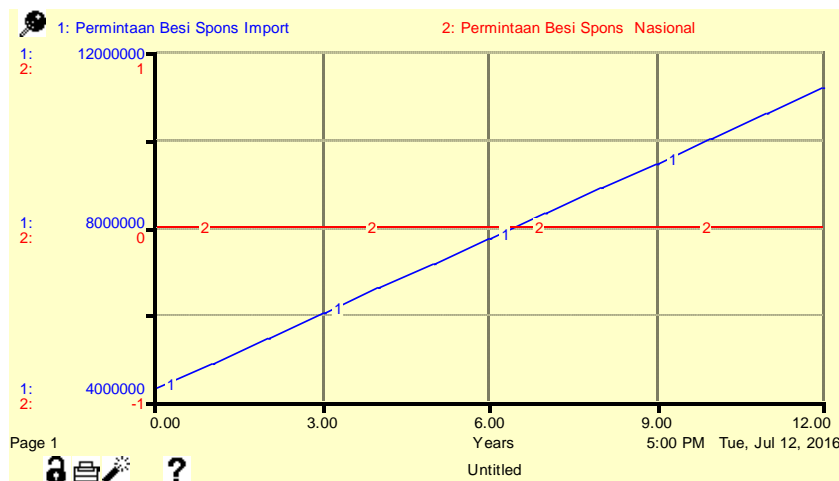
Tabel 4.11 memperlihatkan arus hubungan antara kebutuhan besi spons nasional yang dipasok oleh permintaan dalam negeri dan permintaan luar negeri. Terlihat bahwa ketika permintaan akan besi spons nasional turun maka kebutuhan akan besi spons nasional akan dipasok oleh produk *import* begitu pula sebaliknya.

#### 4. Uji Sensitivitas

Uji sensitivitas diberlakukan pada variabel eksogen dengan tujuan mencari variabel yang paling sensitif pengaruhnya terhadap tujuan awal penelitian, yaitu mengembangkan model simulasi dinamik yang mampu menentukan kebijakan yang dapat meningkatkan keunggulan bersaing Industri Baja Nasional, yang menjadi pokok permasalahan disini adalah tingginya biaya produksi yang dibebankan kepada Industri Baja Hulu sehingga akan mempengaruhi harga pokok penjualan baja dasar nasional. Variabel yang akan diuji disini adalah beberapa variabel eksogen yang bersifat *uncontrollable*.

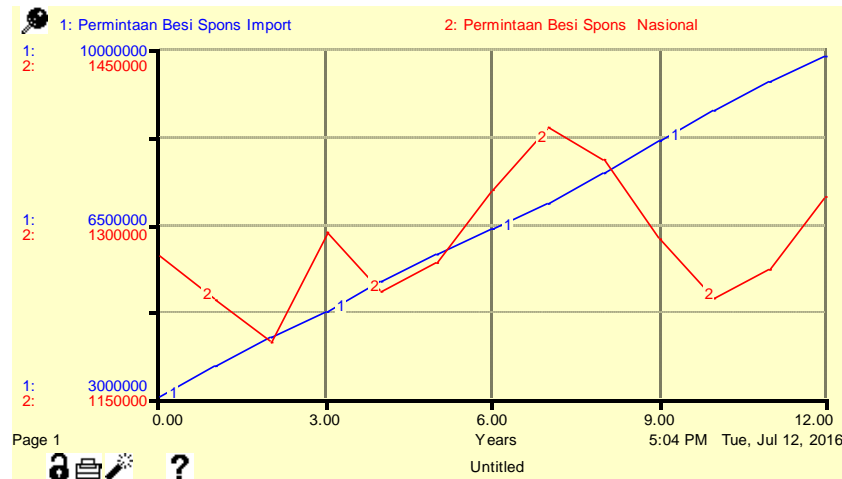
- Uji Sensitivitas *Demand Besi Spons Nasional Terhadap Demand Besi Spons Import*

*Demand* besi spons *import* merupakan hal yang paling mempengaruhi besarnya *demand* besi spons nasional. Dimana jika *demand* besi spons import meningkat, otomatis *demand* besi spons nasional akan menurun karena dua hal tersebut yang mengisi kebutuhan baja nasional yang terus meningkat setiap tahunnya.



Gambar 4.24 Uji Sensitivitas *Demand Besi Spons Nasional* 0

Gambaran ketika *demand* besi spons nasional bernilai 0 dan seluruh kebutuhan baja nasional diisi oleh *demand* besi spons *import* diperlihatkan pada gambar 4.24. Hal tersebut bisa terjadi ketika harga besi spons nasional benar-benar jauh diatas harga besi spons *import* dan Industri Baja Hulu tak dapat menekan harga pokok penjualannya sehingga konsumen lebih memilih produk *import*. perlu diketahui bahwa produk Industri Baja Hulu merupakan bagian dari bahan dasar pembentuk baja di Industri Antara, sehingga jika biaya pembelian bahan baku utama di Industri Antara bisa ditekan, maka biaya produksi di Industri Antara juga akan bisa ditekan.

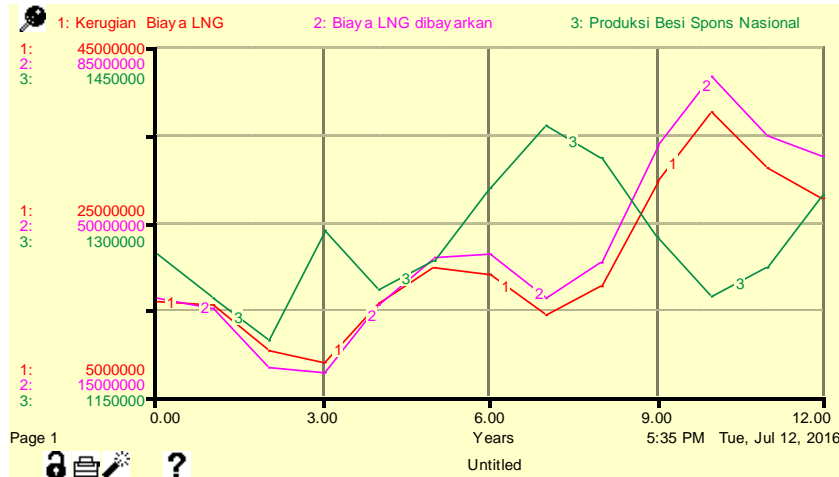


**Gambar 4.25** Uji Sensitivitas *Demand* Besi Spons Nasional Sama dengan Produksi

Gambar 4.25 memperlihatkan kondisi ketika produksi yang dihasilkan di Industri Hulu dapat diterima semua oleh pasar. Ketika hal tersebut terjadi, barang *import* hanya sebuah pelengkap kebutuhan. Hal tersebut tentu yang diharapkan oleh Industri Baja Hulu Nasional, sebab jika kondisi ini terjadi maka Industri Baja Hulu hanya akan berkonsentrasi pada peningkatan produksi untuk menyamai kebutuhan baja nasional.

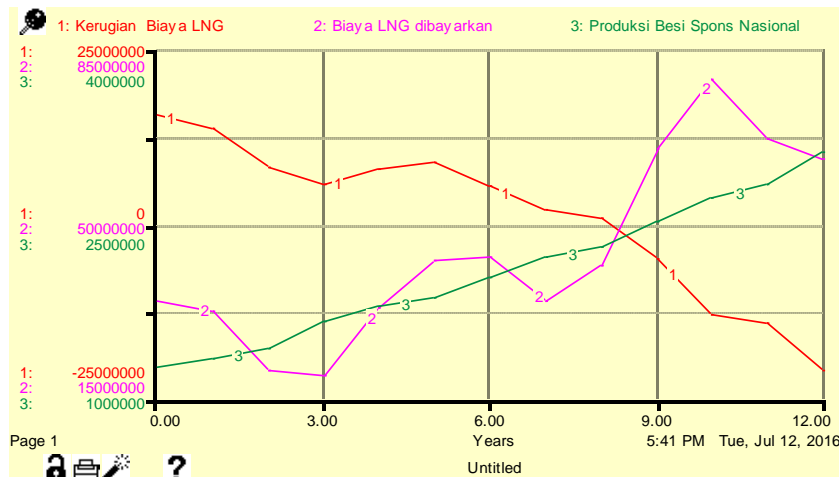
- **Uji Sensitivitas Jumlah Produksi dengan Kerugian Biaya LNG**

Kerugian biaya LNG didapat akibat LNG yang dikeluarkan untuk produksi sebenarnya sama dengan kapasitas produksi yang ada. Sehingga jika jumlah produksi yang dihasilkan semakin jauh dengan kapasitas terpasang yang ada, sebenarnya Industri Baja Hulu semakin mengalami kerugian.



**Gambar 4.26** Uji Sensitivitas Kerugian LNG

Gambaran kerugian LNG akibat jumlah produksi yang kurang dari produksi ditunjukkan pada gambar 4.26. Gambaran kondisi awal memperlihatkan ketika jumlah produksi semakin menurun, maka kerugian LNG juga akan semakin bertambah. Hal tersebut dikarenakan biaya LNG yang dikeluarkan setara dengan biaya pada kapasitas terpasang produksi besi spons nasional.

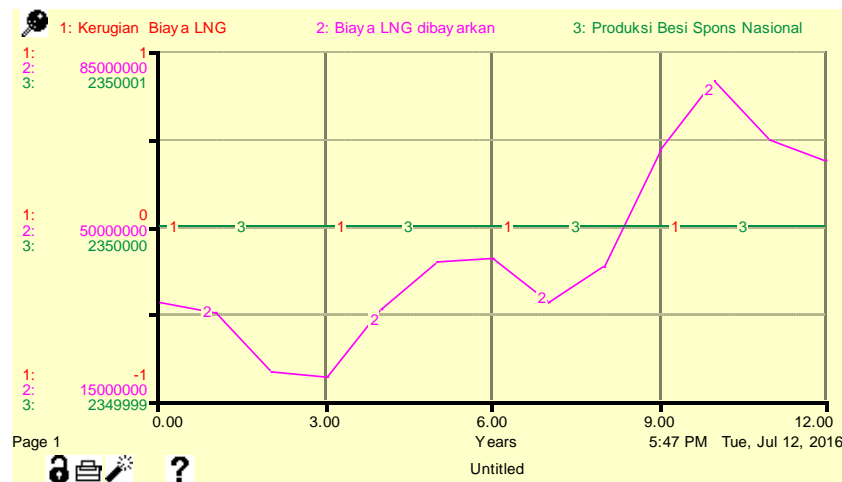


**Gambar 4.27** Uji Sensitivitas Kerugian LNG Ketika Produksi Naik

Gambar 4.27 memperlihatkan gambaran ketika produksi besi spons meningkat 2 kali lipat dan penurunan produksi pada satuan waktu diasumsikan mengalami peningkatan maka kerugian biaya LNG terus menurun, hal tersebut membuktikan



bahwa jumlah produksi sangat mempengaruhi kerugian biaya LNG yang dialami Industri Baja Hulu Nasional.

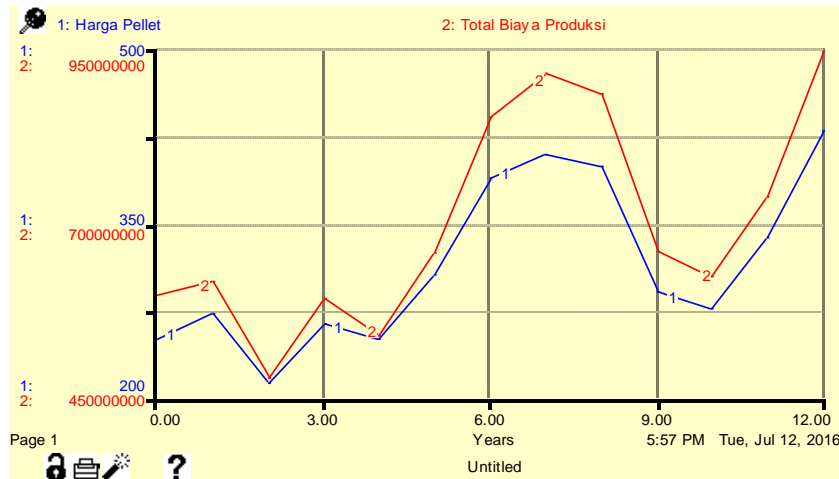


**Gambar 4.28** Uji Sensitivitas Kerugian LNG Ketika Produksi Sama Dengan Kapasitas Terpasang

Gambar 4.28 menunjukkan gambaran ketika jumlah produksi yang dihasilkan sama dengan kapasitas terpasang. Ketika jumlah produksi sama dengan kapasitas terpasang untuk produksi maka tidak ada kerugian biaya LNG, sebab biaya LNG yang dikeluarkan mampu digunakan semaksimal mungkin sehingga dapat menghemat biaya produksi secara langsung.

- **Uji Sensitivitas Harga Pellet Terhadap Biaya Produksi**

Pellet besi merupakan bahan utama pembentukan besi spons. Ketidakmampuan Indonesia dalam memproduksi pellet menyebabkan Indonesia harus mengimport pellet besi dari luar negeri yang mengakibatkan penambahan cost yang tidak sedikit. Pengaruh harga pellet besi terhadap biaya produksi ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 4.29** Uji Sensitivitas Harga Pellet dengan Total Biaya Produksi

Gambaran pengaruh harga pellet besi terhadap total biaya produksi ditunjukkan pada gambar 4.29. Gambar 4.29 memperlihatkan hasil bahwa total biaya produksi mengikuti pola laju harga pellet. Pada kondisi ini uji sensitivitas sangat berpengaruh sebab ketika harga pellet besi turun maka total biaya produksi juga akan ikut turun dan ketika harga pellet naik maka total biaya produksi juga akan ikut naik.

## 5. Uji Kondisi Ekstrim (*Extreme Condition Test*)

Uji kondisi ekstrim dilakukan dengan tujuan menguji fungsi kemampuan sebuah model dalam kondisi ekstrim sehingga dapat memberikan kontribusi sebagai alat evaluasi kebijakan. Pengujian pada uji kondisi ekstrim dapat menunjukkan kesalahan struktural atau kekuarangan atau adanya kesalahan nilai pada parameter. Pengujian dilakukan dengan memasukkan nilai ekstrim terkecil dan terbesar pada variabel control. Pada uji sensitivitas yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa uji perilaku pada *demand* adalah faktor yang paling berpengaruh dalam penelitian ini. *Demand* adalah faktor kunci dimana tujuan penelitian ini dilakukan. Uji kondisi ekstrim diambil dari uji sensitivitas pada nilai permintaan besi spons import dan permintaan besi spons nasional.

**Tabel 4.12** Perbandingan Permintaan Besi Spons Nasional dan Besi Spons Import dalam Memenuhi Kebutuhan Baja Nasional

Permintaan Besi Spons Nasional=0				Permintaan Besi Spons Nasional=produksi	
Tahun	Kebutuhan Besi Spons Nasional	Permintaan Besi Spons Import	Permintaan Besi Spons Nasional	Permintaan Besi Spons Import	Permintaan Besi Spons Nasional
2010	4,273,398.59	4,273,398.59	0.00	3,001,098.59	1,272,300.00
2011	4,848,305.59	4,848,305.59	0.00	3,578,425.59	1,269,880.00
2012	5,423,212.58	5,423,212.58	0.00	4,155,752.58	1,267,460.00
2013	5,998,119.58	5,998,119.58	0.00	4,733,079.58	1,265,040.00
2014	6,573,026.58	6,573,026.58	0.00	5,310,406.58	1,262,620.00
2015	7,147,933.58	7,147,933.58	0.00	5,887,733.58	1,260,200.00
2016	7,722,840.58	7,722,840.58	0.00	6,465,060.58	1,257,780.00
2017	8,297,747.58	8,297,747.58	0.00	7,042,387.58	1,255,360.00
2018	8,872,654.57	8,872,654.57	0.00	7,619,714.57	1,252,940.00
2019	9,447,561.57	9,447,561.57	0.00	8,197,041.57	1,250,520.00
2020	10,022,468.57	10,022,468.57	0.00	8,774,368.57	1,248,100.00
2021	10,597,375.57	10,597,375.57	0.00	9,351,695.57	1,245,680.00
2022	11,172,282.57	11,172,282.57	0.00	9,929,022.57	1,243,260.00

Tabel 4.12 memperlihatkan suatu kondisi permintaan besi spons nasional dan permintaan besi spons import dalam memenuhi kebutuhan baja nasional. Terlihat di kondisi ekstrim ketika permintaan besi spons nasional tidak ada sama sekali maka kebutuhan akan besi spons nasional akan diisi oleh *supply* baja spons *import*. Kondisi kedua yaitu jika jika produksi besi spons nasional berada pada arus terjual semua, maka kekurangan akan kebutuhan besi spons akan diisi oleh besi spons *import*. Hal inilah yang diharapkan, produksi yang dihasilkan oleh Industri Baja Hulu dapat terserap habis oleh Industri Baja Antara kekurangan kebutuhan besi spons akan diisi oleh produk *import* dan Industri Baja Hulu Nasional dapat berkonsentrasi dalam menaikkan produksinya.

## 6. Uji Perbandingan Mean (*Mean Comparison Test*)

Uji perbandingan mean dilakukan untuk mengetahui persentase *mean error* antara data aktual dengan data hasil simulasi model (Barlas, 1996). Syarat untuk

pengujian ini adalah persentase *mean error* kurang dari 0.1. Persentase *mean error* ditentukan berdasarkan formula seperti pada tabel 3.1.

Variabel yang diuji adalah produksi besi spons nasional. Adapun hasil dari simulasi tersebut adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.13** Hasil uji perbandingan *mean error* produksi besi spons

<b>Tahun</b>	<b>Aktual</b>	<b>Simulasi</b>
2010	1272300.00	1272300.00
2011	1227800.00	1269880.00
2012	1191900.00	1267460.00
2013	1283000.00	1265040.00
2014	1237500.00	1262620.00
2015	1260200.00	1260200.00
<b>Mean</b>	<b>1245450.00</b>	<b>1266250.00</b>
<b>% Mean Error</b>	<b>0.016700791</b>	

Tabel 4.13 diatas memperlihatkan nilai persentase eror pada data actual dan simulasi pada variabel produksi besi spons nasional. Hasil memperlihatkan nilai eror yang cukup kecil yaitu sebesar 1% sehingga dapat dikatakan bahwa dari hasil simulasi model pada data produksi, data simulasi sudah cukup mewakili keadaan variabel produksi pada keadaan aktual.

## **BAB V**

### **SIMULASI, ANALISIS, DAN INTERPRETASI**

Pada bab ini akan membahas mengenai simulasi dan analisis hasil simulasi. Simulasi dilakukan berdasarkan skenario yang dirancang. Alternatif kebijakan yang dibuat adalah berupaya menurunkan harga besi spons nasional agar mampu memenuhi kebutuhan baja nasional.

#### **5.1 Perancangan Skenario**

Pada penelitian ini, skenario dirancang berdasarkan rencana untuk meningkatkan daya beli besi spons lokal dan mengurangi daya beli besi spons *import*. Perubahan dinamika harga beserta pajak masuk besi spons *import* sangat mempengaruhi harga baja *import* dan ujungnya akan mempengaruhi permintaan daripada konsumen. Tetapi perlu diingat, ketika pajak masuk besi spons *import* naik, maka tidak menutup kemungkinan harga pellet besi juga akan ikut meningkat.

Ketika harga besi spons *import* yang masuk ke Indonesia mengalami kenaikan dan besi spons nasional dapat mengkondisikan harga besi sponsnya jauh lebih murah, maka permintaan akan besi spons nasional akan dapat meningkat.

Kenaikan konsumsi baja di Indonesia akan berdampak pada peningkatan kebutuhan besi spons sebagai bahan baku hulu atau *iron making*. Besi spons yang termasuk kedalam Industri Baja Hulu merupakan salah satu bahan utama pembuatan baja di Indonesia.

Kenaikan harga LNG yang semakin besar juga mempengaruhi biaya produksi besi spons nasional. Salah satu cara yaitu dengan mengganti produk besi spons ke pig iron, permasalahan yang tersirat disini adalah biaya pembangunan fasilitas produksi untuk pig iron terlampau mahal, sehingga Industri Baja Hulu Nasional membutuhkan serapan investasi yang cukup besar. *Blash furnace* merupakan teknologi baru dalam pembuatan besi dasar. *Blash furnace* tanpa melewati pellet juga dapat langsung membentuk bahan mineral batuan menjadi pig iron. Tetapi sayang, karena kadar Fe mineral batuan di Indonesia kecil

sehingga ketika produksi pig iron dengan *Blash Furnace* dilakukan, Industri Baja Hulu masih memerlukan pellet besi *import* untuk di *mixed* dengan batuan mineral di Indonesia.

## 5.2 Simulasi Skenario

Simulasi adalah suatu kejadian memodelkan dengan menyamai keadaan nyata beserta lingkungannya (*state of affairs*). Secara umum, pada prinsipnya simulasi menggambarkan sifat-sifat karakteristik kunci dari kelakuan sistem fisik atau sistem yang abstrak. Simulasi dapat dirancang apabila kesahihan model telah dapat dicapai, simulasi selanjutnya dapat digunakan untuk merancang kebijakan-kebijakan yang efektif.

Melihat arus industri baja hulu yang kian lama makin mengkhawatirkan karena pengaruh kenaikan harga LNG sebagai bahan energi serta adanya pengaruh serapan besi spons *import* dengan harga lebih terjangkau, membuat lemahnya permintaan besi spons nasional karena adanya pengaruh daya saing. Maka titik skenario pertama yang dirancang akan diposisikan ke permintaan besi spons nasional sama dengan produksi yang dihasilkan. Perancangan skenario kedua berfokus kepada kapasitas produksi yang maksimal. Dengan kapasitas produksi yang maksimal akan menentukan berapa biaya produksi yang didapat. Titik skenario ketiga akan dimainkan ke harga besi spons *import*, yaitu pajak masuk. Semakin besar pajak masuk yang dibebankan ke besi spons *import*, maka harga besi spons *import* akan semakin naik. Titik selanjutnya yaitu dengan mengganti pengolahan proses reduksi langsung yaitu berupa *Direct Reduction Iron* ke proses reduksi tidak langsung yaitu *Blash Furnace* dengan luaran berupa pig iron. Titik skenario keempat yaitu produksi *Blash Furnace* dengan komposisi 100% pellet besi. Titik skenario kelima yaitu produksi *Blash Furnace* dengan komposisi campuran pellet besi dan bijih laterit. Titik skenario keenam yaitu produksi *Blash Furnace* dengan komposisi campuran pellet besi dan bijih primer. Titik skenario ketujuh yaitu produksi *Blash Furnace* dengan komposisi campuran pellet besi dan pasir besi. Titik skenario kedelapan yaitu produksi *Blash Furnace* dengan komposisi campuran pellet besi dan besi scrab. Titik skenario kesembilan yaitu produksi *Blash Furnace* dengan komposisi campuran pellet besi, pasir besi

dan bijih laterit. Titik skenario kesepuluh yaitu produksi *Blash Furnace* dengan komposisi campuran pellet besi, bijih laterit dan bijih besi. Titik skenario kesebelas yaitu produksi *Blash Furnace* dengan komposisi campuran pellet besi, bijih laterit dan pasir besi.

### 5.3 Simulasi Skenario Kondisi Normal

Simulasi skenario kondisi normal merupakan simulasi dari kondisi sebenarnya yang terjadi di Industri Baja Hulu. Konflik yang terjadi di Industri Baja Hulu agaknya semakin lama menjadikan Industri Baja Hulu semakin rapuh, padahal Industri Baja merupakan salah satu tiang kekuatan suatu negara yang tidak bisa dipandang sebelah mata. Bayangkan jika industri baja tidak ada. Indonesia bahkan akan terus terjerat pada produk *import* yang akan terus melemahkan devisa negara. Skenario kondisi normal akan menjabarkan gambaran sebenarnya dari Industri Baja Hulu. Berikut beberapa ulasan dari Industri Baja Hulu nasional.

#### 5.3.1 Industri Pengkonsumsi Baja

Gambaran tentang Industri Pengkonsumsi Baja penting dilakukan sebab analisis ini akan memberikan gambaran tentang industri mana yang paling banyak mengkonsumsi baja dan bahkan untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan sebagai acuan di Industri Hilir tentang jenis baja apa saja yang diperlukan. Untuk hasil analisa dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

**Tabel 5.1** Industri Pengkonsumsi Baja

Industri Pengkonsumsi Baja					
Tahun	Konstruksi	Pengemas Makanan	Pertanian	Otomotif	Perkapalan
2010	4,974,050.02	22,922.73	2,992.92	3,152,743.77	980,135.04
2011	5,643,216.75	26,006.56	3,395.56	3,576,887.32	1,111,994.14
2012	6,312,383.48	29,090.39	3,798.20	4,001,030.87	1,243,853.24
2013	6,981,550.21	32,174.22	4,200.85	4,425,174.42	1,375,712.34
2014	7,650,716.94	35,258.05	4,603.49	4,849,317.97	1,507,571.44
2015	8,319,883.68	38,341.88	5,006.13	5,273,461.52	1,639,430.54
2016	8,989,050.41	41,425.71	5,408.77	5,697,605.08	1,771,289.64
2017	9,658,217.14	44,509.54	5,811.41	6,121,748.63	1,903,148.74
2018	10,327,383.87	47,593.37	6,214.06	6,545,892.18	2,035,007.84

**Lanjutan Tabel 5.1** Industri Pengonsumsi Baja

<b>Tahun</b>	<b>Konstruksi</b>	<b>Pengemas Makanan</b>	<b>Pertanian</b>	<b>Otomotif</b>	<b>Perkapalan</b>
2019	10,996,550.60	50,677.20	6,616.70	6,970,035.73	2,166,866.94
2020	11,665,717.33	53,761.03	7,019.34	7,394,179.28	2,298,726.04
2021	12,334,884.07	56,844.86	7,421.98	7,818,322.83	2,430,585.14
2022	13,004,050.80	59,928.69	7,824.62	8,242,466.38	2,562,444.24
<b>Rata-rata</b>	<b>8,989,050.41</b>	<b>41,425.71</b>	<b>5,408.77</b>	<b>5,697,605.08</b>	<b>1,771,289.64</b>

Tabel 5.1 memperlihatkan hasil proyeksi konsumsi baja di beberapa sektor Industri. Terlihat bahwa Industri Kontruksi merupakan industri pengguna baja terbesar diantara industri yang lainnya. Sedangkan Industri Pertanian merupakan industri pengguna baja paling sedikit. Proyeksi ini dapat digunakan sebagai acuan produksi baja di Industri Hilir, bahwa untuk tahun-tahun yang akan datang sebaiknya produksi untuk jenis baja di Industri Kontruksi lebih banyak diantara industri yang lainnya.

### **5.3.2 Permintaan Besi Spons Untuk Supply Kebutuhan Besi Spons Nasional**

Kebutuhan besi spons nasional tidak sepenuhnya dipasok dari dalam negeri. Adanya besi spons *import* yang ikut bermain di dalam pasar nasional dengan menawarkan harga yang lebih terjangkau, membuat Industri Baja Hulu Nasional harus memikirkan strategi yang jitu untuk dapat bertahan. Naiknya permintaan besi spons *import* yang mensupply kebutuhan besi spons dalam negeri membuat permintaan besi spons produk dalam negeri berkurang hingga akhirnya Industri Baja Hulu harus menurunkan produksinya. Naiknya permintaan akan besi spons *import* juga berimbas pada penumpukan stok besi spons nasional di gudang, dan turunnya produksi besi spons dalam negeri membuat biaya produksi semakin mahal sehingga Industri Baja Hulu sulit mengontrol harga pokok penjualan besi spons nasional.



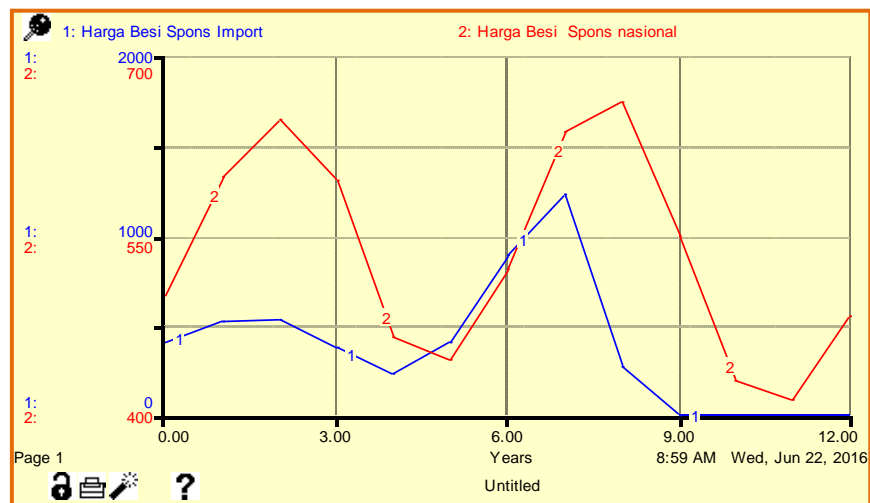
Tabel 5.2 Permintaan Besi Spons

Tahun	Kebutuhan Besi Spons Nasional	Permintaan Besi Spons Import	Permintaan Besi Spons Nasional	Produksi Besi Spons Nasional	Spons Iron Unsold
2010	4273398.59	3579784.66	693613.93	1272300.00	578686.07
2011	4848305.59	4175500.07	672805.51	1234131.00	561325.49
2012	5423212.58	4770591.24	652621.35	1197107.07	544485.72
2013	5998119.58	5293288.53	704831.06	1292875.64	588044.58
2014	6573026.58	5896388.77	676637.81	1241160.61	564522.80
2015	7147933.58	6457763.01	690170.57	1265983.82	575813.25
2016	7722840.58	6998161.48	724679.10	1329283.01	604603.91
2017	8297747.58	7544081.31	753666.26	1382454.33	628788.07
2018	8872654.57	8134061.64	738592.94	1354805.25	616212.31
2019	9447561.57	8745898.28	701663.29	1287064.98	585401.69
2020	10022468.57	9348871.81	673596.76	1235582.39	561985.63
2021	10597375.57	9910306.87	687068.69	1260294.03	573225.34
2022	11172282.57	10450860.44	721422.13	1323308.73	601886.61
<b>Rata-rata</b>	<b>7722840.58</b>	<b>7023504.47</b>	<b>699336.11</b>	<b>1282796.22</b>	<b>583460.11</b>

Tabel 5.2 memperlihatkan proyeksi permintaan besi spons *import* dan permintaan besi spons nasional dalam mensupply kebutuhan besi spons dalam negeri. Terlihat bahwa permintaan besi spons *import* terus bertambah setiap tahunnya sehingga terjadi penurunan permintaan pada besi spons nasional. Dampak dari fenomena ini adalah penurunan produksi dari kapasitas yang ada untuk menghindari stok berlebih. Penurunan produksi inilah yang menyebabkan biaya produksi semakin mahal dan sulit mengontrol harga pokok penjualan besi spons nasional. Imbas dari stok berlebih yang menumpuk adalah mau tidak mau produk di dalam gudang akan dijual dengan harga jauh lebih murah dan itu menyebabkan kerugian akan produk besi spons nasional.

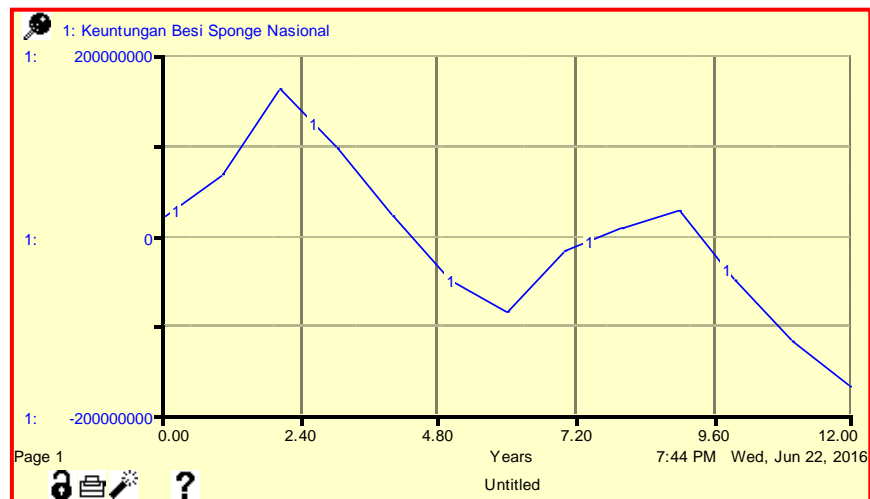
### 5.3.3 Harga Besi Spons Nasional Versus Besi Spons Import

Harga besi spons nasional merupakan imbas dari permintaan besi spons nasional dan produksi besi spons nasional yang tidak seimbang dan harus bersaing dengan besi spons *import*. Harga ini merupakan inti dari permasalahan yang ada selama ini menggelumuti Industri Baja Nasional. Berikut adalah proyeksi harga besi spons nasional dan besi spons *import*.



**Gambar 5.1** Proyeksi Harga Besi Spons Nasional *Versus* Besi Spons *Import*

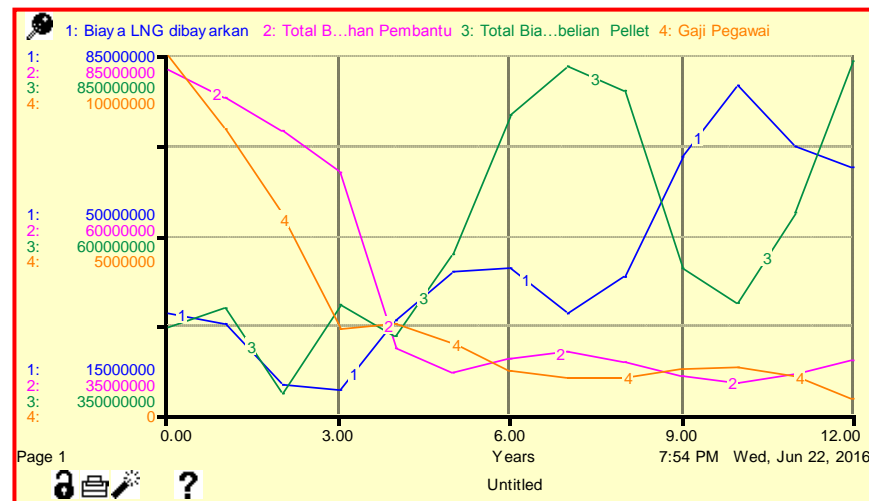
Gambar 5.1 memperlihatkan gambaran proyeksi perbandingan antara harga besi spons *import* dan besi spons nasional. Terlihat bahwa harga besi spons nasional terus mengikuti perkembangan kondisi harga besi spons *import* dan memiliki nilai harga yang sama di tahun 2015. Tetapi sebenarnya ketika harga besi spons nasional berusaha mengikuti harga pokok penjualan besi spons *import* dan dalam suatu keadaan turun secara tidak langsung sebenarnya besi spons nasional telah mengalami arus kerugian.



**Gambar 5.2** Proyeksi Keuntungan Penjualan Besi Spons Nasional

Gambar 5.2 memperlihatkan bahwa proyeksi untuk keuntungan besi spons nasional dimasa yang akan datang cenderung fluktuatif tetapi kebanyakan berada di angka minus. Hal tersebut membuktikan bahwa kondisi Industri Baja Hulu

Indonesia di masa yang akan datang dalam keadaan belum stabil. Upaya Indonesia dalam mengikuti harga besi spons *import* yang masuk Indonesia khalayaknya harus menemukan cara yang tepat agar upaya tersebut tidak malah menambah kerugian Industri Baja Hulu Nasional.



**Gambar 5.3** Variabel yang Mempengaruhi Biaya Produksi Besi Spons Nasional

Gambar 5.3 merupakan gambaran beberapa variabel yang mempengaruhi biaya produksi besi spons nasional. Terlihat bahwa biaya LNG dan pellet besi merupakan faktor yang paling mempengaruhi kenaikan harga produksi besi spons nasional. LNG sebagai energi untuk produksi merupakan variabel yang tidak dapat diabaikan. Penurunan produksi akan memberikan nilai *fix cost* yang besar terhadap biaya LNG, karena besarnya biaya LNG yang dikeluarkan sama dengan kapasitas terpasang produksi yang ada. Variabel kedua yaitu pellet besi. Kandungan kadar Fe rendah yang terdapat di mineral batuan di Indonesia memungkinkan Indonesia tidak dapat melepaskan ketergantungan terhadap pellet besi *import*. Pellet besi merupakan bahan baku utama baja adalah barang wajib yang harus tersedia untuk produksi besi spons. Karena pellet besi *import* inilah yang menambah biaya produksi besi spons semakin mahal.

## 5.4 Simulasi Skenario dengan Produksi *Direct Reduction Iron*

### 5.4.1 Simulasi Skenario Pertama

Simulasi skenario yang dibuat secara keseluruhan untuk mengetahui seberapa besar nilai biaya produksi per produk setelah dilakukan simulasi dari variabel input di beberapa skenario.

Skenario pertama dilakukan pada produksi dan permintaan. Berapa besar keuntungan yang didapat jika permintaan besi spons nasional sama dengan jumlah produksi yang dilakukan.

**Tabel 5.3** Keuntungan Jika Permintaan Besi Spons Nasional Sama Dengan Produksi

Tahun	Keuntungan Keadaan Normal	Keuntungan Besi Spons Permintaan = Produksi	Tahun	Keuntungan Keadaan Normal	Keuntungan Besi Spons Permintaan = Produksi
2010	20,791,664	38,138,269	2017	-18,550,957	-34,028,126
2011	67,767,130	124,305,634	2018	6,621,879	12,146,551
2012	162,402,103	297,895,105	2019	26,176,349	48,015,427
2013	96,609,739	177,211,796	2020	-51,514,500	-94,493,342
2014	20,863,727	38,270,454	2021	-120,020,565	-220,154,408
2015	-51,027,180	-93,599,447	2022	-169,577,493	-311,056,965
2016	-86,841,601	-159,294,045	<b>Rata-rata</b>	<b>-7,407,670</b>	<b>-13,587,931</b>

Tabel 5.3 menunjukkan bahwa ketika produksi yang dihasilkan dapat terjual semua di pasar nasional, ketika dalam kondisi harga pokok penjualan kurang dari biaya produksi per ton besi spons nasional sebenarnya Industri Baja Hulu Nasional tidak mendapatkan keuntungan yang bertambah, bahkan merugi. Sehingga ketika penjualan naik, maka kerugian mereka akan bertambah.

### 5.4.2 Simulasi Skenario Kedua

Skenario kedua dilakukan pada kapasitas terpasang yang optimal untuk produksi. Berapa biaya produksi per unit yang dihasilkan, jika produksi optimal dengan kapasitas terpasang yang ada.

**Tabel 5.4** Keuntungan Penjualan Ketika Produksi Sama dengan Kapasitas Terpasang

Tahun	Keuntungan Penjualan	Biaya Per Ton Produksi Kapasitas Terpasang	Harga Pokok Penjualan	Biaya Per Ton Produksi Normal	Keuntungan Penjualan
2010	58,967,353	454	500	470	20,791,664
2011	148,970,038	484	600	499	67,767,130
2012	332,626,350	388	648	399	162,402,103
2013	185,354,853	451	596	459	96,609,739
2014	56,891,287	421	465	434	20,863,727
2015	-73,800,662	504	446	520	-51,027,180
2016	-134,791,054	628	522	642	-86,841,601
2017	-18,021,853	651	637	662	-18,550,957
2018	28,565,415	640	663	654	6,621,879
2019	77,792,886	489	550	513	26,176,349
2020	-58,424,181	475	429	506	-51,514,500
2021	-191,602,365	561	412	587	-120,020,565
2022	-274,214,977	696	482	717	-169,577,493
<b>Rata-rata</b>	<b>10639468.416</b>	<b>526.353</b>	<b>534.656</b>	<b>543.186</b>	<b>-7407669.536</b>

Tabel 5.4 menunjukkan bahwa ketika produksi sama dengan kapasitas terpasang, Industri Baja Hulu Nasional tetap mengalami kerugian. Hal tersebut dapat diidentifikasi bahwa kapasitas terpasang yang ada di Industri Baja Hulu Nasional sebenarnya belum mampu memberikan penawaran untuk biaya produksi yang lebih murah bahkan belum mampu menyaingi harga pokok penjualan besi spons *import*.

#### 5.4.3 Simulasi Skenario Ketiga

Skenario ketiga dilakukan pada pajak besi spons *import* ketika dinaikkan 10%. Tetapi hal ini diidentifikasi bahwa pellet besi *import* juga akan ikut naik. Asumsi kenaikan pellet besi *import* dibebankan kepada pajak pellet besi *import* yang akan ikut naik seiring dengan kenaikan pajak besi spons *import*.

**Tabel 5.5** Skenario Kenaikan Pajak 10% dari Besi Spons *Import*

Tahun	Harga Besi Spons Nasional	Pajak 10%		Pajak 20%	
		Biaya Per Ton Produksi	Harga Besi Spons Import	Biaya Per Ton Produksi	Harga Besi Spons Import
2010	500	470.02	445	503	486
2011	600	499.28	570	535	622
2012	648	399.15	581	427	634
2013	596	459.09	412	494	450
2014	465	434.17	251	467	274
2015	446	520.34	448	561	489
2016	522	642.13	802	694	875
2017	637	661.81	593	716	647
2018	663	653.72	528	707	576
2019	550	512.72	734	551	801
2020	429	505.5	573	542	625
2021	412	586.55	412	632	450
2022	482	716.94	292	774	319
<b>Rata-rata</b>	<b>535</b>	<b>543</b>	<b>511</b>	<b>585</b>	<b>558</b>

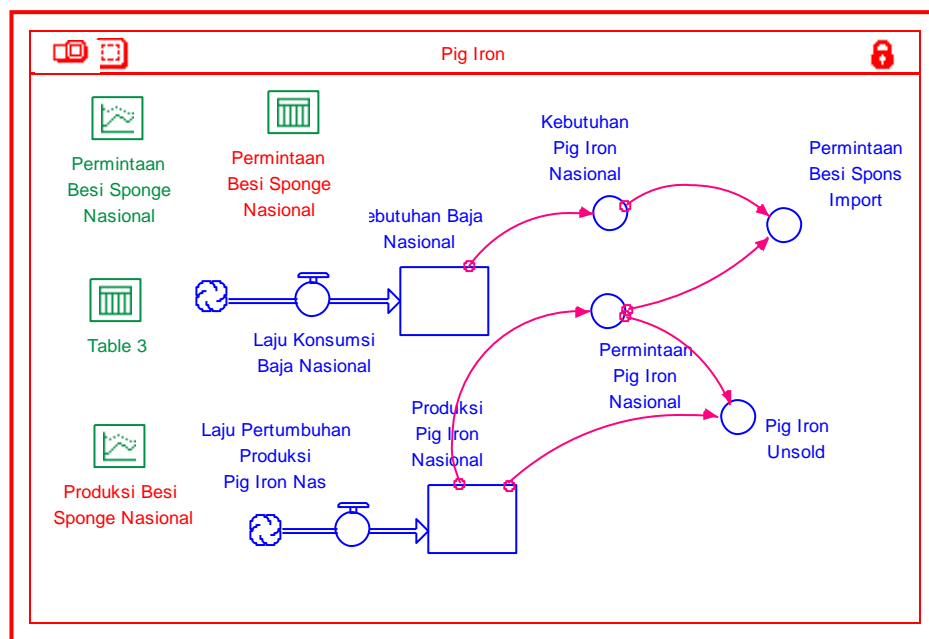
Tabel 5.5 menunjukkan hasil simulasi skenario ketika pajak besi spons *import* dinaikkan 10% dan berimbas pada naiknya harga pellet *import* yang disini diasumsikan pajak pellet *import* juga mengalami kenaikan yang sama. Ketika pajak besi spons *import* dinaikkan dan otomatis berdampak pada naiknya pellet besi import maka biaya ton produksi juga akan ikut naik. Dari hasil yang diperoleh imbas kenaikan pellet *import* membuat biaya produksi jauh lebih mahal dan terlihat selisih biaya produksi per ton dengan harga besi spons *import* sebelum dan setelah pajak dinaikkan, tidak memiliki nilai yang berarti bahkan cenderung hampir sama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa memainkan skenario di sektor pajak sulit dilakukan.

## 5.5 Skenario Pergantian Teknologi

Pergantian teknologi dari mesin reduksi langsung (*Direct Reduction Iron*) ke mesin reduksi tak langsung (*Blash Furnace*) merupakan rencana yang telah

disusun Industri Baja Hulu Nasional sejak dari dulu. Tetapi rencana ini belum kunjung terlaksana akibat minimnya investasi. *Blash Furnace* dengan menggunakan energi bahan bakar batubara dinilai lebih hemat dibandingkan LNG. Batubara juga merupakan mineral batuan yang melimpah di Indonesia.

Pada penelitian ini pergantian teknologi dari *Direct Reduction Iron* ke *Blash Furnace* merupakan skenario terencana. Dalam hal ini model *stock flow* akan dikondisikan ke keadaan *Blash Furnace* dari model awal *Direct Reduction Iron*.



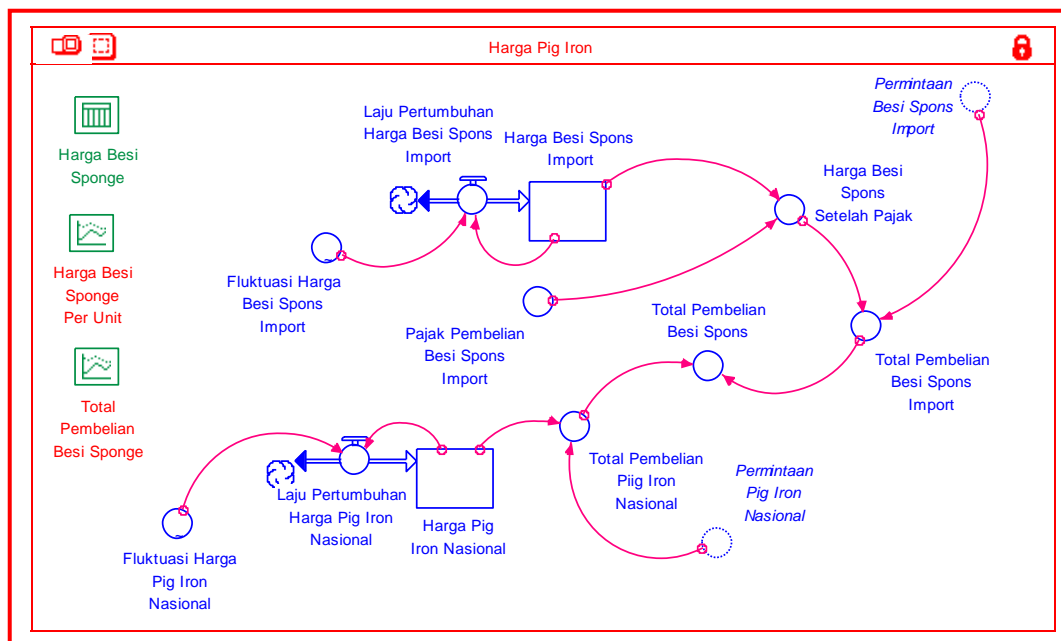
**Gambar 5.4** Stock Flow Demand Pig Iron Nasional

Gambar 5.4 memperlihatkan *demand* pig iron nasional yang dipengaruhi pasokan besi spons *import*. Pada skenario pergantian *teknologi* produksi diasumsikan sebesar kapasitas terpasang besi spons nasional. Skenario ini pada ujungnya digunakan untuk mengetahui biaya produksi per ton yang akan digunakan sebagai patokan pemberian harga pokok penjualan pig iron nasional.

**Tabel 5.6** Formula *Stock Flow Demand* Besi Spons Nasional

Variabel	Formula	Unit
Kebutuhan Baja Nasional	$\text{Kebutuhan\_Baja\_Nasional (t - dt) + (Laju\_Konsumsi\_Baja\_Nasional) * dt}$	Ton
Kebutuhan Besi Spons	$0.439446613 * \text{Kebutuhan\_Baja\_Nasional}$	Ton
Permintaan Besi Spons <i>Import</i>	$\text{Kebutuhan\_Besi\_Spons\_Nasional} - \text{Permintaan\_Besi\_Spons\_Nasional}$	Ton
Permintaan Besi Spons Nasional	$0.545165395 * \text{Produksi\_Besi\_Spons\_Nasional}$	Ton
Produksi Pig Iron Nasional	$\text{Produksi\_Pig\_Iron\_Nasional (t - dt) + (Laju\_Pertumbuhan\_Produksi\_Pig\_Iron\_Nas) * dt}$	Ton
Pig Iron <i>Unsold</i>	$\text{Produksi\_Besi\_Spons\_Nasional} - \text{Permintaan\_Besi\_Spons\_Nasional}$	Ton

*Stock flow price* pig iron memperlihatkan hubungan dimana harga menjadi suatu acuan pemilihan produk pig iron nasional ataupun besi spons *import*. Pada permasalahan ini harga pig iron sebagai pengganti besi spons nasional akan diasumsikan sama karena pig iron nasional diproduksi dengan tujuan lebih menghemat biaya produksi sehingga harga jual baja utama di Indonesia menjadi semakin murah dan dapat bersaing dengan baja utama *import*.



**Gambar 5.5** *Stock Flow* Harga Pig Iron

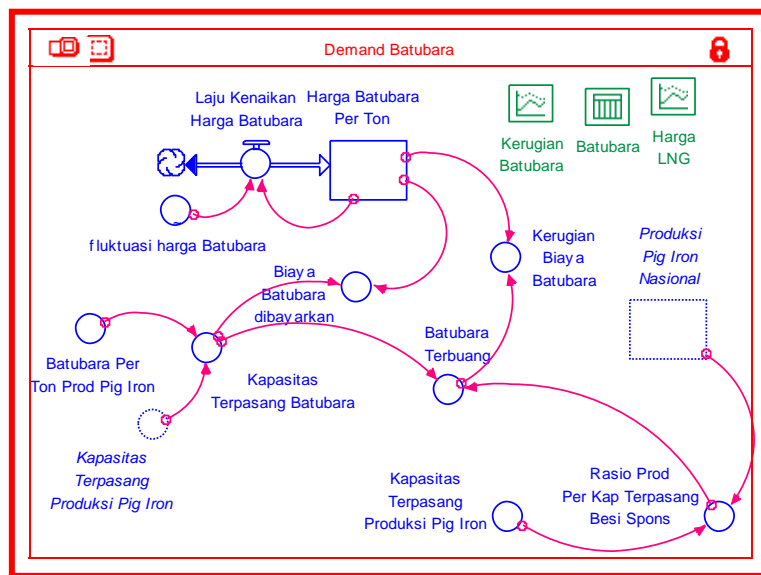


**Tabel 5.7** Formula *Stock Flow Price* Besi Spons Nasional

Variabel	Formula	Unit
Harga Besi Spons <i>Import</i>	$\text{Harga\_Besi\_Spons\_Import}(t - dt) + (\text{Laju\_Pertumbuhan\_Harga\_Besi\_Spons\_Import}) * dt$	\$
Harga Pig Iron Nasional	$\text{Harga\_Pig\_Iron\_Nasional}(t - dt) + (\text{Laju\_Pertumbuhan\_Harga\_Pig\_Iron\_Nasional}) * dt$	\$
Harga Besi Spons <i>Import</i> Setelah Pajak	$\text{Harga\_Besi\_Spons\_Import} + (1 + \text{Pajak\_Pembelian\_Besi\_Spons\_Import})$	\$
Total Pembelian Besi Spons <i>Import</i>	$\frac{\text{Harga\_Besi\_Spons\_Setelah\_Pajak} * \text{Permintaan\_Besi\_Spons\_Import}}{\text{Total\_Pembelian\_Pig\_Iron\_Nasional} + \text{Total\_Pembelian\_Besi\_Spons\_Import}}$	\$
Total Pembelian Besi Spons		\$

*Stock flow* produksi besi spons merupakan aspek terpenting dari semua *stock flow* yang ada karena *stock flow* ini akan memperhitungkan berapa biaya bahan baku yang akan dikeluarkan hingga mendapatkan *output* berapa keuntungan yang bisa didapat.

Batubara merupakan batuan sedimen yang terbakar, terbentuk dari endapan organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatuan. Unsur-unsur utamanya berbentuk melalui karbon, hidrogen dan oksigen. Pada produksi baja dasar penggunaan *Blash Furnace* dinilai memiliki biaya produksi yang lebih murah karena biaya energi yang dikeluarkan untuk batubara lebih murah dibandingkan dengan LNG. Apalagi dengan kondisi Indonesia yang kaya akan hasil mineral batubaranya yang memungkinkan Industri Baja Hulu tidak kesulitan dalam mencari bahan bakar untuk energinya.



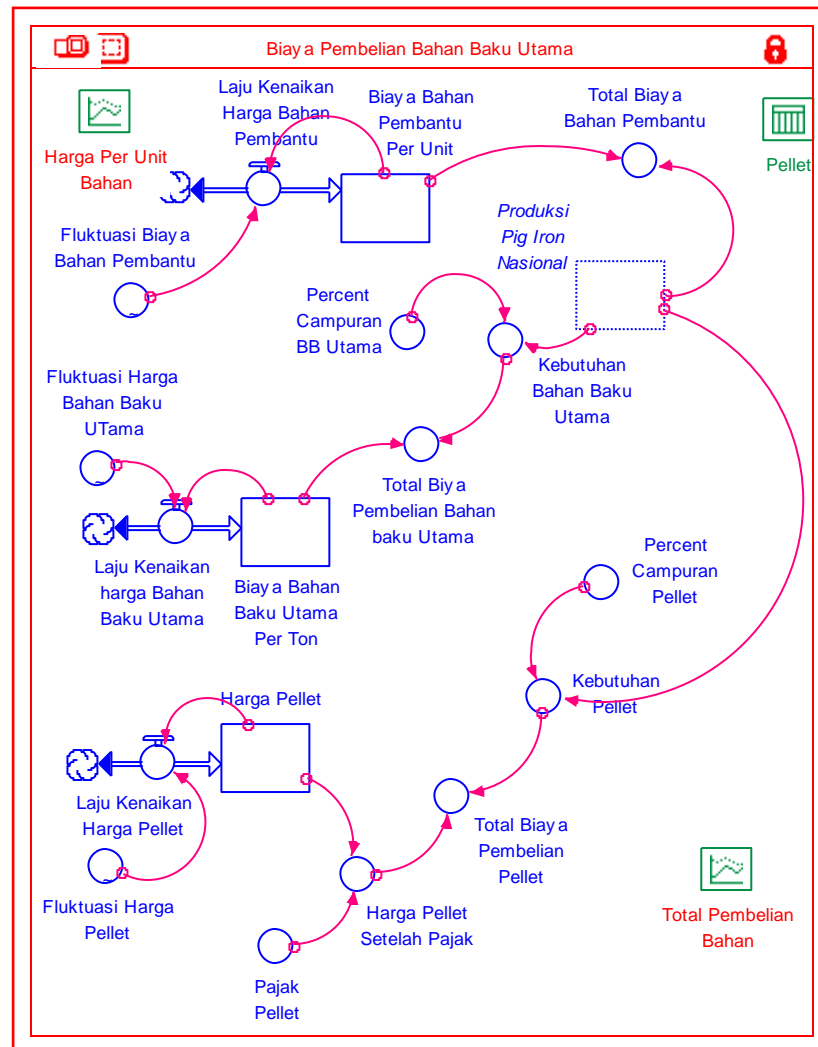
**Gambar 5.6** Stock Flow Demand Batubara

**Tabel 5.8** Formula Stock Flow Demand LNG

Variabel	Formula	Unit
Harga batubara	$\text{Harga\_Batubara\_Per\_Ton}(t - dt) + (\text{Laju\_Kenaikan\_Harga\_Batubara}) * dt$	\$
Laju Kenaikan Harga Batubara	$\text{Harga\_Batubara\_Per\_Ton} * \text{fluktuasi\_harga\_Batubara}$	\$
Kapasitas Terpasang Batubara	$\text{Kapasitas\_Terpasang\_Produksi\_Pig\_Iron} * \text{Batubara\_Per\_Ton\_Prod\_Pig\_Iron}$	Ton
Batubara Terbuang	$(1 - \text{Rasio\_Prod\_Per\_Kap\_Terpasang\_Besi\_Spons}) * \text{Kapasitas\_Terpasang\_Batubara}$	Ton
Kerugian Biaya Batubara	$\text{Harga\_Batubara\_Per\_Ton} * \text{Batubara\_Terbuang}$	\$
Biaya yang Dibayarkan	$\text{Harga\_Batubara\_Per\_Ton} * \text{Kapasitas\_Terpasang\_Batubara}$	\$

Bahan baku utama merupakan bahan baku yang digunakan dalam pembentukan baja dasar. Pada *Blash Furnace* dengan hasil akhir berupa pig iron, bahan baku utama yang digunakan adalah pellet besi, *iron ore/iron sand* dan biasanya ada yang menggunakan scrab. Tetapi dalam pembentukan pig iron tidak dapat dikatakan ekonomis jika dalam kondisi ini digunakan material *iron ore/iron sand* yang berasal dari Indonesia karena kadar Fe-nya yang rendah, walaupun harganya lebih terjangkau tetapi akan ada penumpukan massa di dapur bejana

yang membuat produksi tidak efisien. Penambahan scrab memang bagus, tetapi scrab memiliki harga cenderung lebih mahal dibandingkan pellet besi.



**Gambar 5.7** Stock Flow Biaya Bahan Baku Utama

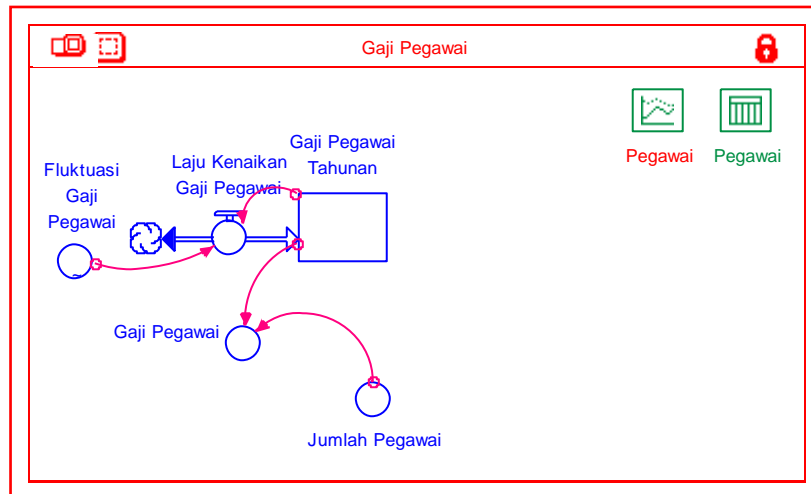
**Tabel 5.9** Formula Stock Flow Biaya Pembelian Pellet

Variabel	Formula	Unit
Total Biaya Bahan Pembantu	$\text{Biaya\_Bahan\_Pembantu\_Per\_Unit}^* \text{Produksi\_Pig\_Iron\_Nasional}$	\$
Kebutuhan Pellet	$(1.11111 * \text{Produksi\_Pig\_Iron\_Nasional})^* \text{Percent\_Campuran\_Pellet}$	\$
Total Biaya Pembelian Pellet	$\text{Harga\_Pellet\_Setelah\_Pajak} * \text{Kebutuhan\_Pellet}$	\$

**Lanjutan Tabel 5.9** Formula *Stock Flow* Biaya Pembelian Pellet

Variabel	Formula	Unit
Harga Pellet Setelah Pajak	$\text{Harga\_Pellet\_Setelah\_Pajak} = \text{Harga\_Pellet} * (1 + \text{Pajak\_Pellet})$	\$
Biaya Bahan Pembantu	$\text{Biaya\_Bahan\_Baku\_Utama\_Per\_Ton}(t - dt) + (\text{Laju\_Kenaikan\_harga\_Bahan\_Baku\_Utama}) * dt$	\$
Harga Pellet	$\text{Harga\_Pellet}(t - dt) + (\text{Laju\_Kenaikan\_Harga\_Pellet}) * dt$	\$
Harga Bahan Baku Utama	$\text{Biaya\_Bahan\_Baku\_Utama\_Per\_Ton}(t - dt) + (\text{Laju\_Kenaikan\_harga\_Bahan\_Baku\_Utama}) * dt$	\$
Total Biaya Pembelian Bahan Baku Utama	$\text{Kebutuhan\_Bahan\_Baku\_Utama} * \text{Biaya\_Bahan\_Baku\_Utama\_Per\_Ton}$	\$

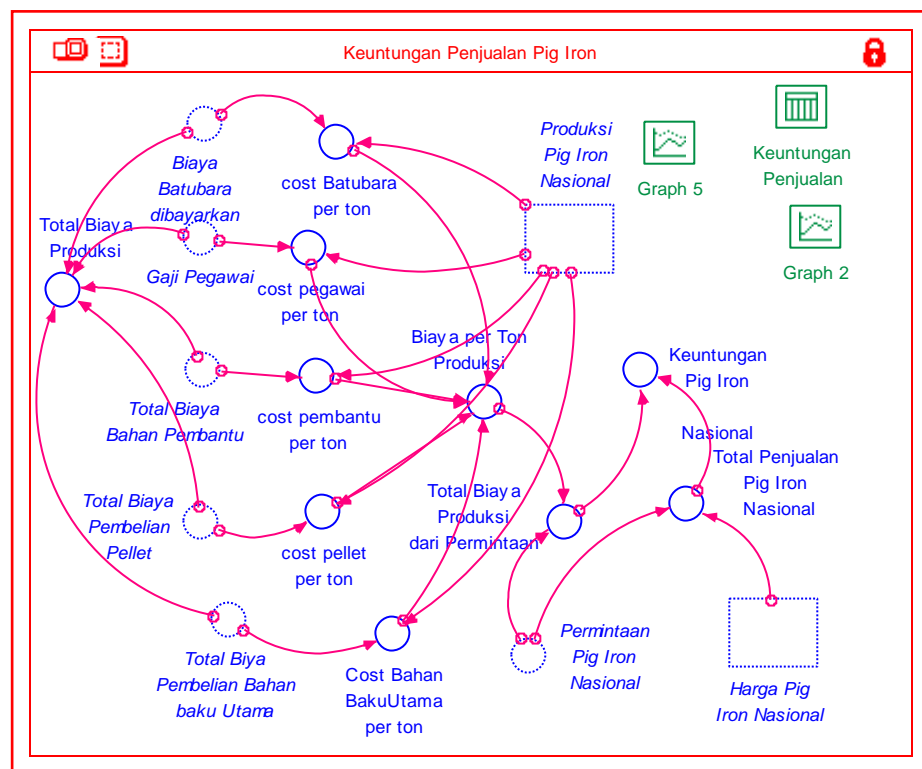
Gaji pegawai merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dalam penambahan biaya produksi besi spons nasional. Pada simulasi pembangunan *Blash Furncae*, jumlah pegawai diasumsikan tetap.



**Gambar 5.8** Stock Flow Gaji Pegawai Industri Baja Hulu

**Tabel 5.10** Formula *Stock Flow* Gaji Pegawai Industri Baja Hulu

Variabel	Formula	Unit
Gaji Pegawai Tahunan	$\text{Gaji\_Pegawai\_Tahunan}(t - dt) + (\text{Laju\_Kenaikan\_Gaji\_Pegawai}) * dt$	\$
Gaji Pegawai	$\text{Gaji\_Pegawai\_Tahunan}(t - dt) + (\text{Laju\_Kenaikan\_Gaji\_Pegawai}) * dt$	\$



**Gambar 5.9** Stock Flow Keuntungan Penjualan Pig Iron

**Tabel 5.11** Formula Stock Flow Keuntungan Penjualan Besi Spons

Variabel	Formula	Unit
Total Biaya Produksi dari Permintaan	$\text{Permintaan\_Pig\_Iron\_Nasional} * \text{Biaya\_per\_Ton\_Produksi}$	\$
Biaya Per Ton Produksi	$\text{cost\_Batubara\_per\_ton} + \text{cost\_pegawai\_per\_ton} + \text{cost\_pellet\_per\_ton} + \text{cost\_pembantu\_per\_ton} + \text{Cost\_Bahan\_BakuUtama\_per\_ton}$	\$
Total Penjualan Pig Iron Nasional	$\text{Harga\_Besi\_Spons\_Nasional} * \text{Permintaan\_Besi\_Spons\_Nasional}$	\$
Keuntungan Besi Spons Nasional	$\text{Harga\_Pig\_Iron\_Nasional} * \text{Permintaan\_Pig\_Iron\_Nasional}$	\$

### 5.5.1 Simulasi Skenario Keempat

Skenario keempat dilakukan pada pergantian teknologi yaitu proses reduksi secara langsung (*Direct Reduction Iron*) diganti dengan proses reduksi secara tidak langsung (*Blash Furnace*). Simulasi skenario keempat dicoba dengan

menggunakan bahan baku utama berupa 100% pellet besi *import*. Berikut adalah hasil simulasi dari *Blash Furnace* dengan bahan baku utama 100% pellet besi.

**Tabel 5.12** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran 100% Pellet besi

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	475.68	2,350,000	500	31156908.51	405
2011	532.15	2,350,000	600	86925036.40	518.4
2012	478.66	2,350,000	648	216950960.26	528.77
2013	490.95	2,350,000	596	134783169.90	375.43
2014	434.11	2,350,000	465	39578795.79	229.01
2015	484.64	2,350,000	446	-48989017.28	407.64
2016	595.08	2,350,000	522	-93249603.41	729.67
2017	643.42	2,350,000	637	-7969377.69	539.96
2018	652.69	2,350,000	663	12800724.49	480.56
2019	505.18	2,350,000	550	57457351.53	667.98
2020	456.41	2,350,000	429	-35088834.77	521.02
2021	517.43	2,350,000	412	-135244490.93	375.14
2022	638.05	2,350,000	482	-200072714.12	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>531.1115</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>4541454.514</b>	<b>464.9946</b>

Pada tabel 5.12 produksi dengan *Blash Furnace* dinilai lebih ekonomis, karena ketika bahan baku yang digunakan adalah 100% pellet besi, biaya produksi per ton cenderung lebih bisa ditekan karena rata-rata biaya produksi yang lebih murah daripada menggunakan *Direct Reduction Iron*. Rata-rata biaya produksi per ton juga cenderung dibawah harga jual baja dasar nasional. Tetapi rata-rata harga produksi per ton belum berada di bawah harga besi spons *import* sehingga skenario ini dinilai kurang tepat untuk menyelesaikan permasalahan Industri Baja Hulu Nasional yang ada.

### 5.5.2 Simulasi Skenario Kelima

Skenario kelima dilakukan pada pergantian teknologi yaitu proses reduksi secara langsung (*Direct Reduction Iron*) diganti dengan proses reduksi secara tidak langsung (*Blash Furnace*). Pada kondisi mineral batuan besi di Indonesia, tidak memungkinkan seluruh bahan baku utama diambil dari Indonesia, hal tersebut dikarenakan kadar Fe yang rendah. Penelitian di simulasi keempat ini

akan menghitung hasil simulasi dari *blanding* bijih laterit dengan pellet pada *Blash Furnace*.

**Tabel 5.13** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet Besi dan Bijih Laterit

Kadar Bijih Laterit	Kadar Pellet besi	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
10%	90%	501	2350000	535	42650108	465
15%	85%	486	2350000	535	61704434	465
20%	80%	472	2350000	535	80758761	465
25%	75%	457	2350000	535	99813088	465
30%	70%	442	2350000	535	118867414	465
35%	65%	427	2350000	535	137921741	465
40%	60%	412	2350000	535	156976068	465
45%	55%	397	2350000	535	176030394	465
50%	50%	382	2350000	535	195084721	465

Tabel 5.13 merupakan rancangan dari hasil proses produksi dari *blanding* pellet besi dan bijih laterit. Pada *blanding* bijih laterit dan pellet besi diketahui bahwa semakin besar campuran bijih laterit maka biaya produksi semakin murah. Proses *blanding* menggunakan *Blash Furnace* diketahui bahwa ketika campuran bijih laterit 10% dan pellet besi 90%, Industri Baja Hulu sudah mendapatkan biaya produksi dibawah harga jual per ton besi dasar nasional. Tetapi biaya produksi pada campuran 10% bijih laterit dan 90% pellet besi masih diatas harga besi spons *import*. Kemudian simulasi dilakukan lagi dan pada tahap pencampuran 25% bijih laterit dan 75% pellet besi didapatkan nilai biaya produksi dibawah harga besi spons *import*. PT.Krakatau Steel berencana membuat *Blash Furnace* dengan campuran *iron ore*/iron sand sebesar 45% dan 55% pellet besi. Pada campuran 50% bijih laterit dan 50% pellet besi, biaya produksi bisa lebih ditekan. Jika memungkinkan sebaiknya Industri Baja Hulu menggunakan campuran ini untuk bahan baku produksi pig iron nasional. Bijih laterit yang digunakan disini adalah bijih laterit kadar 57%, yang terdapat di Sulawesi Tengah karena kadar ini paling banyak dijual dipasaran. Sebagai pembanding, semakin besar kadar Fe pada bijih laterit, semakin tinggi harga yang diberikan.

### 5.5.3 Simulasi Skenario Keenam

Skenario keenam digunakan pada *Blash Furnace* dengan campuran pellet besi dan bijih primer. Bijih primer yang digunakan disini adalah contoh besi dengan kadar Fe 63% yang berasal dari Kalimantan Selatan. Kadar 63% digunakan sebagai contoh pada mix bahan baku utama pada *Blash Furnace* karena kadar ini mudah ditemukan. Sebagai pembanding, semakin banyak kadar Fe maka harga bijih primer juga akan semakin mahal.

**Tabel 5.14** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet dan Bijih Primer

Kadar Bijih Primer	Kadar Pellet besi	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
10%	90%	506	2350000	535	36663356	465
15%	85%	494	2350000	535	52724307	465
20%	80%	481	2350000	535	68785258	465
25%	75%	468	2350000	535	84846208	465
30%	70%	456	2350000	535	100907159	465
35%	65%	443	2350000	535	116968110	465
40%	60%	431	2350000	535	133029061	465
45%	55%	418	2350000	535	149090012	465
50%	50%	406	2350000	535	165150962	465

Tabel 5.14 memperlihatkan rancangan untuk biaya produksi *Blash Furnace* pada pencampuran bahan utama pellet besi dan bijih primer. Pada penggunaan campuran kadar bijih primer 10% dan kadar pellet besi 90% diketahui bahwa biaya produksi per ton produksi sudah dibawah harga jual baja dasar tetapi masih diatas harga besi spons *import*. Pada campuran 30% kadar bijih primer dan 70% pellet besi diketahui bahwa biaya produksi per ton baja dasar dibawah harga besi spons *import*. Semakin banyak kadar bijih primer yang dicampurkan, maka biaya produksi semakin murah. Tetapi jika dibandingkan dengan pencampuran besi laterit dengan pellet, bijih laterit dan pellet lebih murah biaya produksinya dibandingkan dengan bijih primer dan pellet besi.



#### 5.5.4 Simulasi Skenario Ketujuh

Skenario ketujuh digunakan pada *Blash Furnace* dengan campuran pellet besi dan pasir besi. Pasir besi yang digunakan disini adalah contoh pasir dengan kadar Fe 53% yang berasal dari Jawa Barat. Kadar 53% digunakan sebagai contoh pada mix bahan baku utama pada *Blash Furnace* karena kadar ini mudah ditemukan. Sebagai pembandingan, semakin banyak kadar Fe maka harga pasir besi juga akan semakin mahal.

**Tabel 5.15** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet dan Pasir Besi

Kadar Pasir Primer	Kadar Pellet besi	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
10%	90%	501	2350000	535	43469442	465
15%	85%	486	2350000	535	62933436	465
20%	80%	470	2350000	535	82397430	465
25%	75%	455	2350000	535	101861424	465
30%	70%	440	2350000	535	121325418	465
35%	65%	425	2350000	535	140789411	465
40%	60%	410	2350000	535	160253405	465
45%	55%	394	2350000	535	179717399	465
50%	50%	379	2350000	535	199181393	465

Tabel 5.15 memperlihatkan rancangan biaya produksi pig iron jika menggunakan *Blash Furnace* dengan campuran pasir besi dan pellet besi. Diketahui bahwa campuran kadar pasir besi pada kadar pasir besi 10% dan kadar pellet besi 90% sudah didapatkan biaya produksi yang kurang dari harga jual tetapi masih diatas harga besi spons *import*. Pada pencampuran kadar pasir besi 25% dan pellet besi 75% diketahui bahwa biaya produksi per ton sudah dibawah harga besi spons *import* per ton. Dibandingkan dengan pencampuran lain. Pencampuran dengan pasir besi dinilai lebih ekonomis karena menghasilkan biaya produksi yang lebih murah.

### 5.5.5 Simulasi Skenario Kedelapan

Skenario kedelapan digunakan pada *Blash Furnace* dengan campuran pellet besi dan besi *scrap*. Besi *scrap* dapat digunakan untuk menjadi baja dasar, tetapi sebenarnya pencampuran besi *scrap* kurang diminati karena harganya yang mahal. Skenario pencampuran besi *scrap* dapat dilihat seperti tabel dibawah ini.

**Tabel 5.16** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet Besi dan Besi Scrap Lokal

Kadar Scrap Lokal	Kadar Pellet besi	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
10%	90%	543	2350000	535	-11233629	465
15%	85%	550	2350000	535	-19121170	465
20%	80%	556	2350000	535	-27008712	465
25%	75%	562	2350000	535	-34896254	465
30%	70%	568	2350000	535	-42783795	465
35%	65%	574	2350000	535	-50671337	465
40%	60%	580	2350000	535	-58558878	465
45%	55%	587	2350000	535	-66446420	465
50%	50%	593	2350000	535	-74333962	465

Tabel 5.16 memperlihatkan hasil rancangan biaya produksi *Blash Furnace* dengan kandungan besi *scrap* lokal. Diketahui bahwa biaya produksi per ton dengan menggunakan campuran pellet besi dan besi *scrap* lokal, memperlihatkan nilai diatas harga rata-rata harga per ton besi dasar nasional. Hal tersebut dikarenakan harga besi *scrap* lokal yang mahal. Dan dari Tabel 5.16 dapat disimpulkan bahwa penggunaan besi *scrap* lokal sebagai campuran pembuatan baja dasar dinilai kurang ekonomis.

**Tabel 5.17** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet Besi dan Besi Scrab *Import*

Kadar Scrab Lokal	Kadar Pellet besi	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
10%	90%	522	2350000	535	15818196	465
15%	85%	518	2350000	535	21456567	465
20%	80%	514	2350000	535	27094938	465
25%	75%	509	2350000	535	32733309	465
30%	70%	505	2350000	535	38371679	465
35%	65%	500	2350000	535	44010050	465
40%	60%	496	2350000	535	49648421	465
45%	55%	492	2350000	535	55286792	465
50%	50%	487	2350000	535	60925163	465

Tabel 5.17 memperlihatkan rancangan biaya produksi jika menggunakan bahan baku utama besi *scrab import*. Harga *scrab import* didapat dengan sudah menambahkan pajak masuk sebesar 15%. Dengan menggunakan *Blash Furnace* pada campuran pellet besi dan besi *scrab import*, diketahui bahwa rata-rata biaya produksi kurang dari rata-rata harga penjualan baja dasar nasional, tetapi harga per ton produksi masih diatas harga penjualan besi spons *import*, sehingga skenario ini tidak direkomendasikan untuk digunakan.

### 5.5.6 Simulasi Skenario Kesembilan

Skenario kesembilan adalah dengan menggunakan campuran bijih laterit, pasir besi dan pellet besi. Pellet besi diasumsikan menggunakan komposisi sama yaitu 50%. 50% untuk pellet besi dipilih karena campuran 50% pellet besi dinilai lebih ekonomis dibanding persentase pellet besi yang lain. Hal ini juga menurut rencana pembangunan *Blash Furnace* PT.Krakatau Steel dengan penggunaan pellet besi 55%, sehingga pengurangan 5% dari pellet besi dinilai masih memadai untuk pencampuran pellet besi dengan bahan baku utama lain. Kapasitas yang digunakan disini adalah kapasitas dengan nilai 2350000 per ton. Sesuai dengan rata-rata kapasitas besi spons nasional yang ada sekarang.

**Tabel 5.18** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet dengan Bijih Laterit dan Pasir Besi

Kadar Besi Laterit	Kadar Pasir Besi	Kadar Pellet besi	Biaya Produksi Per Ton	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
5%	45%	50%	343	535	245190986	465
10%	40%	50%	348	535	239623623	465
15%	35%	50%	352	535	234056260	465
20%	30%	50%	356	535	228488897	465
25%	25%	50%	361	535	222921535	465

Tabel 5.18 memperlihatkan rancangan biaya produksi pig iron dengan campuran 50% pellet besi serta komposisi besi laterit dan pasir besi yang telah tersedia di Tabel 5.18. Pada rancangan biaya produksi Tabel 5.18 diketahui bahwa seluruh biaya produksi dibawah harga jual per ton baja dasar nasional dan dibawah harga besi spons *import*. Sehingga seluruh rancangan model untuk skenario kesembilan direkomendasikan untuk digunakan. Sedang biaya produksi terendah didapat pada campuran besi laterit 5% dan pasir besi 45%.

### 5.5.7 Simulasi Skenario Kesepuluh

Skenario kesepuluh adalah dengan menggunakan campuran bijih laterit, bijih besi dan pellet besi. Pellet besi diasumsikan menggunakan komposisi sama yaitu 50%. 50% untuk pellet besi dipilih karena campuran 50% pellet besi dinilai lebih ekonomis dibanding persentase pellet besi yang lain. Hal ini juga menurut rencana pembangunan *Blash Furnace* PT.Krakatau Steel dengan penggunaan pellet besi 55%, sehingga pengurangan 5% dari pellet besi dinilai masih memadai untuk pencampuran pellet besi dengan bahan baku utama lain. Kapasitas yang digunakan disini adalah kapasitas dengan nilai 2350000 per ton. Sesuai dengan rata-rata kapasitas besi spons nasional yang ada sekarang.

**Tabel 5.19** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet Besi dengan Bijih Laterit dan Bijih Besi

Kadar Besi Laterit	Kadar Bijih Besi	Kadar Pellet besi	Biaya Produksi Per Ton	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
5%	45%	50%	343	535	245190986	465
10%	40%	50%	348	535	239623623	465
15%	35%	50%	352	535	234056260	465
20%	30%	50%	353	535	233287029	465
25%	25%	50%	361	535	222921535	465

Tabel 5.19 memperlihatkan rancangan biaya produksi untuk campuran bijih laterit, bijih besi dan pellet besi 50%. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai dari campuran pellet, bijih laterit dan bijih besi tidak berbeda jauh dari nilai rancangan pellet, bijih laterit dan pasir besi. Perbedaannya hanya terletak pada simulasi pellet 50%, besi laterit 20% dan bijih besi 30%.

### 5.5.8 Simulasi Skenario Kesebelas

Skenario kesebelas adalah dengan menggunakan campuran bijih besi, pasir besi dan pellet besi. Pellet besi diasumsikan menggunakan komposisi sama yaitu 50%. 50% untuk pellet besi dipilih karena campuran 50% pellet besi dinilai lebih ekonomis dibanding persentase pellet besi yang lain. Hal ini juga menurut rencana pembangunan *Blash Furnace* PT.Krakatau Steel dengan penggunaan pellet besi 55%, sehingga pengurangan 5% dari pellet besi dinilai masih memadai untuk pencampuran pellet besi dengan bahan baku utama lain. Kapasitas yang digunakan disini adalah kapasitas dengan nilai 2350000 per ton. Sesuai dengan rata-rata kapasitas besi spons nasional yang ada sekarang.

**Tabel 5.20** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet Besi dengan Bijih Laterit dan Pasir Besi

Kadar Bijih Besi	Kadar Pasir Besi	Kadar Pellet besi	Biaya Produksi Per Ton	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
5%	45%	50%	346	535	242197610	465
10%	40%	50%	352	535	233636871	465
15%	35%	50%	359	535	225076133	465
20%	30%	50%	366	535	216515394	465
25%	25%	50%	372	535	207954655	465

Tabel 5.20 memperlihatkan rancangan produksi dengan menggunakan campuran 50% pellet besi dan komposisi bijih besi serta pasir besi dapat dilihat pada tabel diatas. Pada Tabel 5.20 diketahui bahwa semua rancangan memiliki nilai biaya produksi dibawah harga jual per ton besi dasar nasional serta sudah dibawah harga jual besi spons *import*. Biaya produksi terendah didapat oleh campuran pellet besi 50%, bijih besi 5% dan pasir besi 45%.

## 5.6 Pemilihan Skenario Terbaik

Pemilihan skenario disini adalah hasil simulasi terpilih dari beberapa skenario yang telah dilakukan yang memungkinkan akan menemukan kebijakan terbaik. Skenario disini dipilih dari produksi *Blash Furnace* dan beberapa mineral logam di Indonesia.

### 5.6.1 Pemilihan Skenario Pertama

Pemilihan skenario pertama adalah pada pellet besi dengan komposisi 50% dan bijih laterit 50%. Skenario ini dipilih dari simulasi kelima dengan biaya produksi terendah. Pada simulasi ini digunakan rata-rata kebutuhan baja nasional untuk kapasitas produksi yaitu sebesar 7722841 ton dan jumlah karyawan disesuaikan sebesar 4871 pekerja. Permintaan diasumsikan sama dengan produksi yang dihasilkan. Hasil yang didapat adalah sebagai berikut.

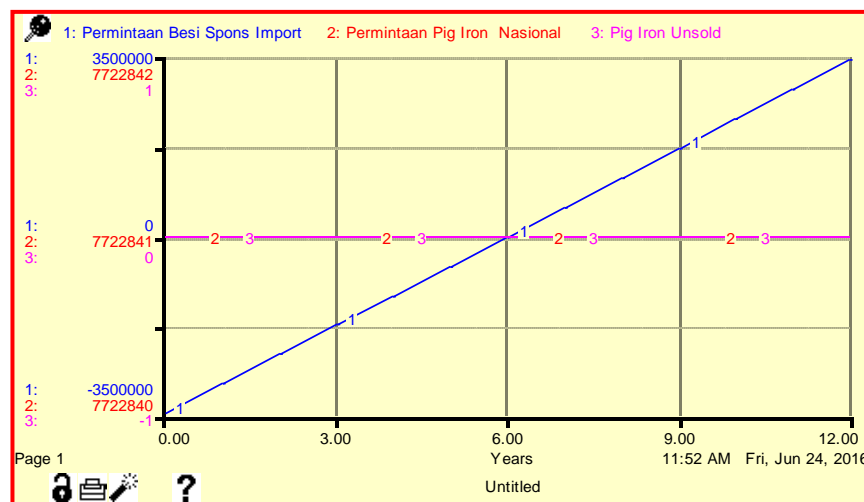
**Tabel 5.21** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet 50% dengan Bijih Laterit 50%

Tahun	Keuntungan Pig Iron	Total Biaya Produksi	Keuntungan Pig Iron dengan Harga Besi Spons <i>Import</i>
2010	1,022,270,930	2,839,149,570	288601035
2011	1,517,544,188	3,116,160,412	887360362
2012	2,036,716,662	2,967,684,306	1115906884
2013	1,736,176,633	2,867,872,258	31477487
2014	1,039,296,914	2,551,861,220	-783257876
2015	735,276,336	2,712,235,474	435878479
2016	906,347,426	3,127,241,391	2507882585
2017	1,583,139,453	3,337,838,904	832152838
2018	1,692,274,587	3,425,542,904	285749746

**Lanjutan Tabel 5.21** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet 50% dengan Bijih Laterit 50%

Tahun	Keuntungan Pig Iron	Total Biaya Produksi	Keuntungan Pig Iron dengan Harga Besi Spons <i>Import</i>
2019	1,418,086,277	2,829,702,241	2328994544
2020	734,383,939	2,578,891,104	1444892387
2021	390,200,956	2,790,543,086	106581028
2022	476,141,599	3,245,328,929	-1188370809
<b>Rata-rata</b>	<b>1,175,988,915</b>	<b>2,953,080,908</b>	<b>637,988,361</b>

Tabel 5.21 merupakan simulasi dari rancangan skenario kelima dengan mengkondisikan keadaan kebutuhan baja dasar nasional. Dari hasil diperoleh bahwa untuk memenuhi kebutuhan baja dasar nasional dengan menggunakan campuran pellet besi 50% dan bijih laterit 50% diperlukan rancangan biaya rata-rata produksi total sebesar \$2.953.080.908 dan akan mendapatkan keuntungan sebesar \$1.175.988.915. Jika harga pig iron nasional disamakan dengan harga besi spons *import* maka rata-rata keuntungan yang didapat adalah sebesar \$637.988.361. Penggunaan skenario ini dengan harga jual sama dengan harga besi spons *import* maka akan menuai kerugian di tahun 2014 sebesar \$783.257.876 dan di tahun 2022 sebesar \$1.188.370.809.



**Gambar 5.10** Demand Baja Dasar Nasional

Gambar 5.10 adalah bukti bahwa dengan membangun *Blash Furnace* dengan kapasitas sebesar 7.722.841 ton maka Indonesia sudah dapat mencukupi kebutuhan baja dasarnya. Hal tersebut terlihat dengan arus permintaan besi spons yang menurun sehingga stock pig iron bernilai kosong.

### 5.6.2 Pemilihan Skenario Kedua

Pemilihan skenario kedua adalah pada pellet besi dengan komposisi 50% dan bijih primer 50%. Skenario ini dipilih dari simulasi kelima dengan biaya produksi terendah. Pada simulasi ini digunakan rata-rata kebutuhan baja nasional untuk kapasitas produksi yaitu sebesar 7722841 ton dan jumlah karyawan disesuaikan sebesar 4871 pekerja. Permintaan diasumsikan sama dengan produksi yang dihasilkan. Hasil yang didapat adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.22** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet 50% dengan Bijih Primer 50%

Tahun	Keuntungan Pig Iron	Total Biaya Produksi	Keuntungan Pig Iron dengan Harga Besi Spons <i>Import</i>
2010	1,057,822,824	2,803,597,676	324,152,929
2011	1,469,631,142	3,164,073,458	839447317
2012	1,890,360,078	3,114,040,890	969550300
2013	1,625,760,189	2,978,288,701	-78938956
2014	940,518,192	2,650,639,943	-882036599
2015	626,072,986	2,821,438,823	326675130
2016	766,307,325	3,267,281,492	2367842484
2017	1,376,548,378	3,544,429,978	625561764
2018	1,505,998,237	3,611,819,254	99473397
2019	1,249,239,625	2,998,548,892	2160147892
2020	568,881,446	2,744,393,598	1279389894
2021	208,033,846	2,972,710,196	-75586082
2022	266,788,798	3,454,681,731	-1397723610
Rata-rata	1,041,178,354	3,110,195,580	519,483,578

Tabel 5.22 merupakan rancangan pemilihan skenario keenam dengan campuran pellet besi 50% dan bijih primer 50%. Didapatkan hasil bahwa keuntungan normal yang diperoleh jika menggunakan harga baja dasar nasional adalah sebesar \$1.041.178.354 sedangkan jika menggunakan patokan harga besi



spons *import* adalah sebesar \$519.483.578. Rata-rata biaya produksi adalah \$3.110.195.580.

### 5.6.3 Pemilihan Skenario Ketiga

Pemilihan skenario ketiga adalah pada pellet besi dengan komposisi 50% dan pasir besi 50%. Skenario ini dipilih dari simulasi kelima dengan biaya produksi terendah. Pada simulasi ini digunakan rata-rata kebutuhan baja nasional untuk kapasitas produksi yaitu sebesar 7722841 ton dan jumlah karyawan disesuaikan sebesar 4871 pekerja. Permintaan diasumsikan sama dengan produksi yang dihasilkan. Hasil yang didapat adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.23** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet 50% dengan Pasir Besi 50%

Tahun	Keuntungan Pig Iron	Total Biaya Produksi	Keuntungan Pig Iron dengan Harga Besi Spons <i>Import</i>
2010	999,357,338	2,862,063,162	265,687,443
2011	1,471,776,826	3,161,927,774	841593000
2012	2,035,136,045	2,969,264,923	1114326267
2013	1,730,747,456	2,873,301,435	26048310
2014	1,018,477,278	2,572,680,857	-804077512
2015	813,520,500	2,633,991,310	514122643
2016	1,075,976,101	2,957,612,716	2677511260
2017	1,728,508,912	3,192,469,445	977522297
2018	1,785,854,737	3,331,962,754	379329896
2019	1,468,836,896	2,778,951,621	2379745163
2020	784,026,115	2,529,248,928	1494534563
2021	522,102,427	2,658,641,615	238482499
2022	670,939,910	3,050,530,619	-993572498
Rata-rata	1,238,866,195	2,890,203,628	700,865,641

Tabel 5.23 merupakan rancangan biaya produksi dari skenario ketujuh. Dari tabel diatas diperoleh kesimpulan bahwa jika menggunakan rancangan skenario ketujuh didapatkan hasil bahwa dengan menggunakan campuran 50% pellet besi dan 50% pasir besi pada *Blash Furnace* maka keuntungan normal yang diperoleh dari harga jual baja nasional adalah sebesar \$1.238.866.195, sedangkan jika mengikuti harga besi spons *import* maka keuntungan yang

diperoleh adalah sebesar \$700.865.641 dengan rata-rata biaya produksi sebesar \$2.890.203.628.

#### 5.6.4 Pemilihan Skenario Keempat

Pemilihan skenario keempat adalah pada pellet besi dengan komposisi 50%, bijih laterit 5%, dan pasir besi 45%. Skenario ini dipilih dari simulasi kesembilan. Pada simulasi ini digunakan rata-rata kebutuhan baja nasional untuk kapasitas produksi yaitu sebesar 7722841 ton dan jumlah karyawan disesuaikan sebesar 4871 pekerja. Permintaan diasumsikan sama dengan produksi yang dihasilkan. Hasil yang didapat adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.24** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet 50% dengan Pasir Besi 45% dan Bijih Laterit 5%

Tahun	Keuntungan Pig Iron	Total Biaya Produksi	Keuntungan Pig Iron dengan Harga Baja Dasar Import
2010	1,329,693,814	2,531,726,686	596,023,919
2011	1,775,779,411	2,857,925,189	1145595585
2012	2,282,556,594	2,721,844,374	1361746816
2013	2,018,892,555	2,585,156,336	314193409
2014	1,377,326,821	2,213,831,313	-445227969
2015	1,104,066,964	2,343,444,845	804669108
2016	1,236,509,787	2,797,079,030	2838044946
2017	1,848,704,830	3,072,273,527	1097718216
2018	1,933,673,515	3,184,143,976	527148674
2019	1,684,770,073	2,563,018,445	2595678339
2020	1,053,244,999	2,260,030,044	1763753448
2021	738,049,386	2,442,694,656	454429458
2022	787,555,312	2,933,915,217	-876957096
Rata-rata	1,474,678,774	2,654,391,049	936,678,219

Tabel 5.24 memperlihatkan rancangan produksi *Blash Furnace* dengan campuran pellet besi 50% dengan pasir besi 45% dan bijih laterit 5% yang terdapat pada simulasi kesembilan. Didapatkan hasil bahwa dengan produksi pada campuran ini keuntungan yang diperoleh jika menggunakan patokan harga baja dasar nasional adalah sebesar \$1.474.678.774, sedangkan jika menggunakan

patokan harga besi spons *import* maka keuntungan yang diperoleh sebesar \$936.678.219 dengan biaya produksi sebesar \$2.654.392.049

### 5.6.5 Pemilihan Skenario Kelima

Pemilihan skenario kelima adalah pada pellet besi dengan komposisi 50%, bijih laterit 5%, dan bijih besi 45%. Skenario ini dipilih dari simulasi kesepuluh. Pada simulasi ini digunakan rata-rata kebutuhan baja nasional untuk kapasitas produksi yaitu sebesar 7722841 ton dan jumlah karyawan disesuaikan sebesar 4871 pekerja. Permintaan diasumsikan sama dengan produksi yang dihasilkan. Hasil yang didapat adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.25** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet 50% dengan Bijih Laterit 5% dan Bijih Besi 45%

Tahun	Keuntungan Pig Iron	Total Biaya Produksi	Keuntungan Pig Iron dengan Harga Baja Dasar Import
2010	1,329,693,814	2,531,726,686	596,023,919
2011	1,775,779,411	2,857,925,189	1145595585
2012	2,282,556,594	2,721,844,374	1361746816
2013	2,018,892,555	2,585,156,336	314193409
2014	1,377,326,821	2,213,831,313	-445227969
2015	1,104,066,964	2,343,444,845	804669108
2016	1,236,509,787	2,797,079,030	2838044946
2017	1,848,704,830	3,072,273,527	1097718216
2018	1,933,673,515	3,184,143,976	527148674
2019	1,684,770,073	2,563,018,445	2595678339
2020	1,053,244,999	2,260,030,044	1763753448
2021	738,049,386	2,442,694,656	454429458
2022	787,555,312	2,933,915,217	-876957096
Rata-rata	1,474,678,774	2,654,391,049	936,678,219

Tabel 5.25 memperlihatkan rancangan dari skenario sepuluh yaitu produksi *Blash Furnace* dengan campuran pellet besi 50%, bijih laterit 5% dan bijih besi 45%. Didapatkan hasil jika menggunakan skenario kesepuluh dengan kondisi kapasitas produksi terpasang untuk memenuhi kebutuhan baja dasar nasional maka keuntungan yang diperoleh jika menggunakan harga baja dasar nasional adalah sebesar \$1.474.678.774 dan jika menggunakan harga besi spons

*import* maka keuntungan yang diperoleh adalah sebesar \$936.678.219 dengan biaya produksi sebesar \$2.654.391.049.

#### 5.6.6 Pemilihan Skenario Keenam

Pemilihan skenario keenam adalah pada pellet besi dengan komposisi 50%, bijih besi 5%, dan pasir besi 45%. Skenario ini dipilih dari simulasi kesebelas. Pada simulasi ini digunakan rata-rata kebutuhan baja nasional untuk kapasitas produksi yaitu sebesar 7722841 ton dan jumlah karyawan disesuaikan sebesar 4871 pekerja. Permintaan diasumsikan sama dengan produksi yang dihasilkan. Hasil yang didapat adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.26** Rancangan Produksi *Blash Furnace* dengan Campuran Pellet 50% dengan Bijih Besi 5% dan Pasir Besi 45%

Tahun	Keuntungan Pig Iron	Total Biaya Produksi	Keuntungan Pig Iron dengan Harga Baja Dasar Import
2010	1,333,604,522	2,527,815,978	599,934,627
2011	1,770,508,976	2,863,195,624	1140325150
2012	2,266,457,370	2,737,943,598	1345647592
2013	2,006,746,746	2,597,302,145	302047600
2014	1,366,461,162	2,224,696,973	-456093629
2015	1,092,054,596	2,355,457,214	792656739
2016	1,221,105,376	2,812,483,441	2822640535
2017	1,825,979,812	3,094,998,545	1074993197
2018	1,913,183,116	3,204,634,375	506658276
2019	1,666,196,941	2,581,591,576	2577105208
2020	1,035,039,725	2,278,235,318	1745548173
2021	718,011,004	2,462,733,038	434391076
2022	764,526,504	2,956,944,025	-899985904
Rata-rata	1,459,990,450	2,669,079,373	921,989,895

Tabel 5.26 memperlihatkan rancangan produksi *Blash Furnace* dengan campuran pellet besi 50%, dengan bijih besi 5% dan pasir besi 45%. Hasil memperlihatkan bahwa dengan menggunakan simulasi ini maka keuntungan yang diperoleh jika menggunakan patokan harga baja dasar nasional adalah sebesar \$1.459.990.450, dan keuntungan jika menggunakan patokan harga besi spons *import* adalah sebesar \$921.989.895 dengan biaya produksi sebesar \$2.669.079.373.

## Lampiran A. Data Industri Baja Hulu

Berikut adalah lampiran data Industri Baja Hulu

### A1. Permintaan Besi Spons Import

Tahun	Ton	Harga/ton (\$)	Total
2010	3625500	405	1468327500
2011	4079128	519	2117067432
2012	5486830	527	2891559410
2013	5946790	373	2218152670
2014	5462650	227	1240021550
2015	4883000	405	1977615000

(Kementrian Perindustrian, 2016)

### A2. Permintaan Besi Spons Nasional

Tahun	Ton	Harga/ton (\$)	Total
2010	1272300	500	636150000
2011	1227800	600	736680000
2012	552135	650	358887750
2013	756739	600	454043400
2014	155000	470	72850000
2015	116796	450	52558200

(Kementrian Perindustrian, 2016)

### A3. Produksi Besi Spons Nasional

Tahun	Ton
2010	1272300
2011	1227800
2012	1191900
2013	1283000
2014	1237500
2015	1260200

(Kementrian Perindustrian, 2016)

**A4. Gaji Pegawai**

Tahun	Jumlah Pegawai	Gaji Tahunan Peg (Rp)	Rup/\$	Tot(\$)
2010	1482	64201725	9536	9977659
2011	1429	50015472	9000	7941346
2012	842	60006534	9185	5500871
2013	529	50500616	11605	2302010
2014	439	66028809	11836	2449024
2015	439	62737103	14190	1940915

(Badan Pusat Statistika, Industri Dalam Angka, 2016)

**A5. Harga Pokok Penjualan Besi Spons**

Tahun	Harga/ton (\$)
2010	435
2011	600
2012	610
2013	450
2014	465
2015	300

(Kementrian Perindustrian, 2016)

**A6. Harga Bahan Pembantu Besi Spons**

Tahun	\$
2010	65.278
2011	64.239
2012	62.165
2013	53.164
2014	35.461
2015	32.138

(Merupakan Panduan Dolomit+Batubara, Perhitungan oleh Metalurgi *expert*, Fakhreza Abdul, 2016)

**A7. Permintaan Pellet Besi**

Tahun	Ton	Harga/ton (\$)	Total (\$)
2010	2129000	250	532250000
2011	2004000	272	545088000
2012	1573000	213	335049000
2013	2132000	263	560716000
2014	1205393	250	301348296
2015	1015848	306	310849594

(Worldsteel & Kemenperin, 2016)

**A8. Harga Mineral Batuan**

Tahun	Harga Bijih Laterit 57% per Ton	Harga Bijih Primer 63% per Ton	Harga Pasir Besi 53% per Ton
2010	50	55	57
2011	42	60	52
2012	40	75	43
2013	46	76	50
2014	55	85	62
2015	60	93	52

(Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral oleh Kementrian Perindustrian, 2016)

**A9. Harga Baja Scrab**

Tahun	Harga Baja Scrab Lokal	Harga Baja Scrab Import
2010	724.4	316.46
2011	857.2	450.08
2012	875.7	457.11
2013	742.9	323.49
2014	798.4	351.62
2015	600.9	196.91

(Kementrian Perindustrian, 2016)

**A10. Komposisi Bahan Baku Utama Untuk Produksi Per Ton Pig Iron**

Bahan Baku Utama	Komposisi	Baja Dasar
Bijih Laterit 57%	1.78908	Pig Iron
Bijih Primer 63%	1.60494	Pig Iron
Pasir Besi 53%	1.90776	Pig Iron
Pellet 88%	1.11111	Pig Iron
Pellet 88%	1.2559	Spons

(Perkiraan oleh pendapat Metalurgi *expert*, Fakhreza Abdul, 2016)

**A11. Biaya Bahan Pembantu Pig Iron**

<b>Tahun</b>	<b>\$</b>
2010	139.307
2011	170.429
2012	188.706
2013	145.414
2014	110.542
2015	94.544

(Merupakan Panduan Kokas+Batubara+Dolomit, Perhitungan Metalurgi *expert*, Fakhreza Abdul, 2016)

**A12. Perkiraan Kebutuhan Batubara Per Ton Produksi**

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah Energi</b>	<b>Harga</b>	<b>Biaya Batubara Per Ton Produksi</b>
2010	0.462798113	57.41	26.569
2011	0.462798113	56.66	26.222
2012	0.462798113	55.17	25.531
2013	0.462798113	46.28	21.418
2014	0.462798113	31.13	14.406
2015	0.462798113	27.37	12.667

(Merupakan Panduan Kokas+Batubara+Dolomit, Perhitungan oleh Metalurgi *expert*, Fakhreza Abdul, 2016)



**Lampiran B. Simulasi Bahan Baku Utama pada *Blash Furnace***

**B1. *Lampiran Blash Furnace Bahan Baku Utama (Pellet + Bijih Laterit)***  
**Bijih Laterit 10% dan Pellet 90%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	454.07	2,350,000	500	58842493.34	405
2011	506.42	2,350,000	600	119889102.16	518.4
2012	459.78	2,350,000	648	241134922.39	528.77
2013	467.03	2,350,000	596	165429350.45	375.43
2014	413.38	2,350,000	465	66144865.45	229.01
2015	457.95	2,350,000	446	-14796179.70	407.64
2016	557.05	2,350,000	522	-44528916.54	729.67
2017	601.18	2,350,000	637	46149795.63	539.96
2018	610.87	2,350,000	663	66386760.98	480.56
2019	477.43	2,350,000	550	93015089.08	667.98
2020	431.92	2,350,000	429	-3705656.94	521.02
2021	486.21	2,350,000	412	-95249472.39	375.14
2022	594.48	2,350,000	482	-144260752.98	266.35
Rata-rata	501.3669	2350000	534.6562	42650107.76	464.9946

**Bijih Laterit 15% dan Pellet 85%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	443.27	2,350,000	500	72685285.76	405
2011	493.55	2,350,000	600	136371135.04	518.4
2012	450.34	2,350,000	648	253226903.45	528.77
2013	455.07	2,350,000	596	180752440.73	375.43
2014	403.01	2,350,000	465	79427900.28	229.01
2015	444.61	2,350,000	446	2300239.09	407.64
2016	538.04	2,350,000	522	-20168573.11	729.67
2017	580.05	2,350,000	637	73209382.30	539.96
2018	589.95	2,350,000	663	93179779.23	480.56
2019	463.55	2,350,000	550	110793957.86	667.98
2020	419.67	2,350,000	429	11985931.97	521.02
2021	470.6	2,350,000	412	-75251963.12	375.14
2022	572.7	2,350,000	482	-116354772.41	266.35
Rata-rata	486.4931	2350000	534.6561538	61704434.39	464.9946

**Bijih Laterit 20% dan Pellet 80%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	432.46	2,350,000	500	86528078	405
2011	480.69	2,350,000	600	152853168	518.4
2012	440.9	2,350,000	648	265318885	528.77
2013	443.11	2,350,000	596	196075531	375.43
2014	392.64	2,350,000	465	92710935	229.01
2015	431.26	2,350,000	446	19396658	407.64
2016	519.02	2,350,000	522	4191770	729.67
2017	558.93	2,350,000	637	100268969	539.96
2018	569.04	2,350,000	663	119972797	480.56
2019	449.67	2,350,000	550	128572827	667.98
2020	407.42	2,350,000	429	27677521	521.02
2021	454.99	2,350,000	412	-55254454	375.14
2022	550.92	2,350,000	482	-88448792	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>471.6192</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>80758761.02</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Laterit 25% dan Pellet 75%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	421.65	2,350,000	500	100370871	405
2011	467.82	2,350,000	600	169335201	518.4
2012	431.47	2,350,000	648	277410866	528.77
2013	431.15	2,350,000	596	211398621	375.43
2014	382.27	2,350,000	465	105993970	229.01
2015	417.92	2,350,000	446	36493077	407.64
2016	500.01	2,350,000	522	28552114	729.67
2017	537.81	2,350,000	637	127328556	539.96
2018	548.13	2,350,000	663	146765816	480.56
2019	435.79	2,350,000	550	146351695	667.98
2020	395.17	2,350,000	429	43369110	521.02
2021	439.38	2,350,000	412	-35256945	375.14
2022	529.14	2,350,000	482	-60542811	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>456.7469</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6561538</b>	<b>99813087.64</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Laterit 30% dan Pellet 70%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	410.85	2,350,000	500	114213663	405
2011	454.96	2,350,000	600	185817234	518.4
2012	422.03	2,350,000	648	289502847	528.77
2013	419.19	2,350,000	596	226721712	375.43
2014	371.9	2,350,000	465	119277005	229.01
2015	404.58	2,350,000	446	53589495	407.64
2016	480.99	2,350,000	522	52912457	729.67
2017	516.69	2,350,000	637	154388142	539.96
2018	527.21	2,350,000	663	173558834	480.56
2019	421.92	2,350,000	550	164130564	667.98
2020	382.92	2,350,000	429	59060699	521.02
2021	423.77	2,350,000	412	-15259435	375.14
2022	507.35	2,350,000	482	-32636831	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>441.8738</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>118867414</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Laterit 35% dan Pellet 65%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	400.04	2,350,000	500	128056455	405
2011	442.09	2,350,000	600	202299267	518.4
2012	412.59	2,350,000	648	301594828	528.77
2013	407.23	2,350,000	596	242044802	375.43
2014	361.53	2,350,000	465	132560040	229.01
2015	391.23	2,350,000	446	70685914	407.64
2016	461.98	2,350,000	522	77272801	729.67
2017	495.57	2,350,000	637	181447729	539.96
2018	506.3	2,350,000	663	200351852	480.56
2019	408.04	2,350,000	550	181909433	667.98
2020	370.67	2,350,000	429	74752288	521.02
2021	408.16	2,350,000	412	4738074	375.14
2022	485.57	2,350,000	482	-4730850	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>427</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6561538</b>	<b>137921741</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Laterit 40% dan Pellet 60%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	389.24	2,350,000	500	141899248	405
2011	429.23	2,350,000	600	218781299	518.4
2012	403.15	2,350,000	648	313686809	528.77
2013	395.27	2,350,000	596	257367892	375.43
2014	351.17	2,350,000	465	145843074	229.01
2015	377.89	2,350,000	446	87782333	407.64
2016	442.96	2,350,000	522	101633144	729.67
2017	474.45	2,350,000	637	208507316	539.96
2018	485.39	2,350,000	663	227144870	480.56
2019	394.16	2,350,000	550	199688302	667.98
2020	358.43	2,350,000	429	90443877	521.02
2021	392.55	2,350,000	412	24735583	375.14
2022	463.79	2,350,000	482	23175130	266.35
Rata-rata	412.1292	2350000	534.6562	156976068	464.9946

**Bijih Laterit 45% dan Pellet 55%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	378.43	2,350,000	500	155742040	405
2011	416.36	2,350,000	600	235263332	518.4
2012	393.71	2,350,000	648	325778790	528.77
2013	383.31	2,350,000	596	272690982	375.43
2014	340.8	2,350,000	465	159126109	229.01
2015	364.54	2,350,000	446	104878752	407.64
2016	423.95	2,350,000	522	125993487	729.67
2017	453.32	2,350,000	637	235566902	539.96
2018	464.47	2,350,000	663	253937889	480.56
2019	380.28	2,350,000	550	217467171	667.98
2020	346.18	2,350,000	429	106135465	521.02
2021	376.95	2,350,000	412	44733092	375.14
2022	442.01	2,350,000	482	51081111	266.35
Rata-rata	397.2546	2350000	534.6561538	176030394	464.9946

**Bijih Laterit 50% dan Pellet 50%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	367.63	2,350,000	500	169584833	405
2011	403.5	2,350,000	600	251745365	518.4
2012	384.27	2,350,000	648	337870771	528.77
2013	371.35	2,350,000	596	288014073	375.43
2014	330.43	2,350,000	465	172409144	229.01
2015	351.2	2,350,000	446	121975171	407.64
2016	404.93	2,350,000	522	150353831	729.67
2017	432.2	2,350,000	637	262626489	539.96
2018	443.56	2,350,000	663	280730907	480.56
2019	366.41	2,350,000	550	235246039	667.98
2020	333.93	2,350,000	429	121827054	521.02
2021	361.34	2,350,000	412	64730602	375.14
2022	420.22	2,350,000	482	78987092	266.35
Rata-rata	382.3823	2350000	534.6562	195084721	464.9946

## B2. Lampiran Blash Furnace Bahan Baku Utama (Pellet + Bijih Primer)

### Bijih Besi 10% dan Pellet 90%

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	453.95	2,350,000	500	58993956.69	405
2011	508.54	2,350,000	600	117177818.37	518.4
2012	464.67	2,350,000	648	234877080.35	528.77
2013	471	2,350,000	596	160345700.74	375.43
2014	417.17	2,350,000	465	61279739.99	229.01
2015	462.14	2,350,000	446	-20156430.75	407.64
2016	562	2,350,000	522	-50870575.91	729.67
2017	607.83	2,350,000	637	37620119.91	539.96
2018	616.88	2,350,000	663	58688574.46	480.56
2019	483.01	2,350,000	550	85858753.29	667.98
2020	437.56	2,350,000	429	-10934454.60	521.02
2021	492.41	2,350,000	412	-103194517.67	375.14
2022	601.35	2,350,000	482	-153062135.81	266.35
Rata-rata	506.0392	2350000	534.6562	36663356.08	464.9946

### Bijih Besi 15% dan Pellet 85%

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	443.09	2,350,000	500	72912480.78	405
2011	496.73	2,350,000	600	132304209.36	518.4
2012	457.67	2,350,000	648	243840140.39	528.77
2013	461.02	2,350,000	596	173126966.16	375.43
2014	408.7	2,350,000	465	72130212.09	229.01
2015	450.89	2,350,000	446	-5740137.48	407.64
2016	545.46	2,350,000	522	-29681062.16	729.67
2017	590.04	2,350,000	637	60414868.72	539.96
2018	598.97	2,350,000	663	81632499.44	480.56
2019	471.93	2,350,000	550	100059454.17	667.98
2020	428.13	2,350,000	429	1142735.48	521.02
2021	479.9	2,350,000	412	-87169531.04	375.14
2022	583	2,350,000	482	-129556846.66	266.35
Rata-rata	493.5023	2350000	534.6562	52724306.87	464.9946

**Bijih Besi 20% dan Pellet 80%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	432.22	2,350,000	500	86831005	405
2011	484.92	2,350,000	600	147430600	518.4
2012	450.67	2,350,000	648	252803200	528.77
2013	451.05	2,350,000	596	185908232	375.43
2014	400.23	2,350,000	465	82980684	229.01
2015	439.63	2,350,000	446	8676156	407.64
2016	528.92	2,350,000	522	-8491548	729.67
2017	572.25	2,350,000	637	83209618	539.96
2018	581.06	2,350,000	663	104576424	480.56
2019	460.84	2,350,000	550	114260155	667.98
2020	418.7	2,350,000	429	13219926	521.02
2021	467.39	2,350,000	412	-71144544	375.14
2022	564.66	2,350,000	482	-106051558	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>480.9646</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>68785257.65</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Besi 25% dan Pellet 75%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	421.36	2,350,000	500	100749529	405
2011	473.12	2,350,000	600	162556991	518.4
2012	443.68	2,350,000	648	261766260	528.77
2013	441.07	2,350,000	596	198689497	375.43
2014	391.76	2,350,000	465	93831156	229.01
2015	428.38	2,350,000	446	23092449	407.64
2016	512.38	2,350,000	522	12697965	729.67
2017	554.46	2,350,000	637	106004366	539.96
2018	563.15	2,350,000	663	127520349	480.56
2019	449.76	2,350,000	550	128460856	667.98
2020	409.28	2,350,000	429	25297116	521.02
2021	454.89	2,350,000	412	-55119558	375.14
2022	546.31	2,350,000	482	-82546268	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>468.4308</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>84846208.43</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Besi 30% dan Pellet 70%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	410.5	2,350,000	500	114668053	405
2011	461.31	2,350,000	600	177683382	518.4
2012	436.68	2,350,000	648	270729321	528.77
2013	431.1	2,350,000	596	211470762	375.43
2014	383.29	2,350,000	465	104681628	229.01
2015	417.13	2,350,000	446	37508742	407.64
2016	495.84	2,350,000	522	33887479	729.67
2017	536.66	2,350,000	637	128799115	539.96
2018	545.24	2,350,000	663	150464274	480.56
2019	438.67	2,350,000	550	142661557	667.98
2020	399.85	2,350,000	429	37374306	521.02
2021	442.38	2,350,000	412	-39094571	375.14
2022	527.96	2,350,000	482	-59040979	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>455.8931</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>100907159</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Besi 35% dan Pellet 65%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	399.63	2,350,000	500	128586577	405
2011	449.5	2,350,000	600	192809773	518.4
2012	429.68	2,350,000	648	279692381	528.77
2013	421.12	2,350,000	596	224252028	375.43
2014	374.83	2,350,000	465	115532101	229.01
2015	405.87	2,350,000	446	51925036	407.64
2016	479.3	2,350,000	522	55076993	729.67
2017	518.87	2,350,000	637	151593864	539.96
2018	527.33	2,350,000	663	173408199	480.56
2019	427.59	2,350,000	550	156862258	667.98
2020	390.42	2,350,000	429	49451496	521.02
2021	429.87	2,350,000	412	-23069585	375.14
2022	509.62	2,350,000	482	-35535690	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>443.3562</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>116968110</b>	<b>464.9946</b>



**Bijih Besi 40% dan Pellet 60%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	388.77	2,350,000	500	142505101	405
2011	437.69	2,350,000	600	207936164	518.4
2012	422.69	2,350,000	648	288655441	528.77
2013	411.14	2,350,000	596	237033293	375.43
2014	366.36	2,350,000	465	126382573	229.01
2015	394.62	2,350,000	446	66341329	407.64
2016	462.76	2,350,000	522	76266507	729.67
2017	501.08	2,350,000	637	174388613	539.96
2018	509.42	2,350,000	663	196352124	480.56
2019	416.51	2,350,000	550	171062959	667.98
2020	381	2,350,000	429	61528686	521.02
2021	417.36	2,350,000	412	-7044598	375.14
2022	491.27	2,350,000	482	-12030401	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>430.8208</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>133029061</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Besi 45% dan Pellet 55%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	377.9	2,350,000	500	156423625	405
2011	425.89	2,350,000	600	223062555	518.4
2012	415.69	2,350,000	648	297618501	528.77
2013	401.17	2,350,000	596	249814559	375.43
2014	357.89	2,350,000	465	137233045	229.01
2015	383.37	2,350,000	446	80757622	407.64
2016	446.22	2,350,000	522	97456020	729.67
2017	483.29	2,350,000	637	197183362	539.96
2018	491.51	2,350,000	663	219296049	480.56
2019	405.42	2,350,000	550	185263659	667.98
2020	371.57	2,350,000	429	73605876	521.02
2021	404.85	2,350,000	412	8980389	375.14
2022	472.92	2,350,000	482	11474888	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>418.2838</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>149090012</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Besi 50% dan Pellet 50%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	367.04	2,350,000	500	170342149	405
2011	414.08	2,350,000	600	238188946	518.4
2012	408.7	2,350,000	648	306581561	528.77
2013	391.19	2,350,000	596	262595824	375.43
2014	349.42	2,350,000	465	148083517	229.01
2015	372.12	2,350,000	446	95173915	407.64
2016	429.68	2,350,000	522	118645534	729.67
2017	465.49	2,350,000	637	219978110	539.96
2018	473.6	2,350,000	663	242239974	480.56
2019	394.34	2,350,000	550	199464360	667.98
2020	362.14	2,350,000	429	85683066	521.02
2021	392.34	2,350,000	412	25005375	375.14
2022	454.57	2,350,000	482	34980177	266.35
Rata-rata	405.7469	2350000	534.6562	165150962	464.9946

**B3. Lampiran Blash Furnace Bahan Baku Utama (Pellet + Pasir Besi)**

**Pasir Besi 10% dan Pellet 90%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	456	2,350,000	500	56371397.48	405
2011	508.82	2,350,000	600	116810322.57	518.4
2012	460.83	2,350,000	648	239792101.08	528.77
2013	468.35	2,350,000	596	163748510.03	375.43
2014	415.37	2,350,000	465	63593230.93	229.01
2015	457.15	2,350,000	446	-13761482.14	407.64
2016	553.39	2,350,000	522	-39836198.32	729.67
2017	597.97	2,350,000	637	50262093.41	539.96
2018	609.09	2,350,000	663	68666365.71	480.56
2019	477.01	2,350,000	550	93542798.56	667.98
2020	431.75	2,350,000	429	-3492184.91	521.02
2021	483.73	2,350,000	412	-92076006.92	375.14
2022	590	2,350,000	482	-	266.35
Rata-rata	500.7277	2350000	534.6562	43469442.19	464.9946

**Pasir Besi 15% dan Pellet 85%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	446.16	2,350,000	500	68978641.97	405
2011	497.16	2,350,000	600	131752965.65	518.4
2012	451.91	2,350,000	648	251212671.49	528.77
2013	457.04	2,350,000	596	178231180.09	375.43
2014	405.99	2,350,000	465	75600448.50	229.01
2015	443.4	2,350,000	446	3852285.43	407.64
2016	532.54	2,350,000	522	-13129495.77	729.67
2017	575.24	2,350,000	637	79377828.96	539.96
2018	587.28	2,350,000	663	96599186.33	480.56
2019	462.93	2,350,000	550	111585522.07	667.98
2020	419.42	2,350,000	429	12306140.02	521.02
2021	466.88	2,350,000	412	-70491764.92	375.14
2022	565.98	2,350,000	482	-107740941.48	266.35
Rata-rata	485.5331	2350000	534.6562	62933436.03	464.9946

**Pasir Besi 20% dan Pellet 80%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	436.32	2,350,000	500	81585886	405
2011	485.5	2,350,000	600	146695609	518.4
2012	443	2,350,000	648	262633242	528.77
2013	445.74	2,350,000	596	192713850	375.43
2014	396.62	2,350,000	465	87607666	229.01
2015	429.65	2,350,000	446	21466053	407.64
2016	511.7	2,350,000	522	13577207	729.67
2017	552.51	2,350,000	637	108493565	539.96
2018	565.48	2,350,000	663	124532007	480.56
2019	448.85	2,350,000	550	129628246	667.98
2020	407.09	2,350,000	429	28104465	521.02
2021	450.04	2,350,000	412	-48907523	375.14
2022	541.95	2,350,000	482	-76963684	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>470.3423</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>82397429.86</b>	<b>464.9946</b>

**Pasir Besi 25% dan Pellet 75%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	426.48	2,350,000	500	94193131	405
2011	473.83	2,350,000	600	161638252	518.4
2012	434.09	2,350,000	648	274053812	528.77
2013	434.43	2,350,000	596	207196520	375.43
2014	387.25	2,350,000	465	99614884	229.01
2015	415.9	2,350,000	446	39079821	407.64
2016	490.85	2,350,000	522	40283909	729.67
2017	529.79	2,350,000	637	137609300	539.96
2018	543.68	2,350,000	663	152464828	480.56
2019	434.76	2,350,000	550	147670969	667.98
2020	394.75	2,350,000	429	43902790	521.02
2021	433.19	2,350,000	412	-27323281	375.14
2022	517.93	2,350,000	482	-46186426	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>455.1485</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>101861423.7</b>	<b>464.9946</b>

**Pasir Besi 30% dan Pellet 70%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	416.64	2,350,000	500	106800375	405
2011	462.17	2,350,000	600	176580895	518.4
2012	425.17	2,350,000	648	285474383	528.77
2013	423.13	2,350,000	596	221679190	375.43
2014	377.88	2,350,000	465	111622101	229.01
2015	402.15	2,350,000	446	56693588	407.64
2016	470	2,350,000	522	66990612	729.67
2017	507.06	2,350,000	637	166725036	539.96
2018	521.88	2,350,000	663	180397648	480.56
2019	420.68	2,350,000	550	165713693	667.98
2020	382.42	2,350,000	429	59701115	521.02
2021	416.34	2,350,000	412	-5739039	375.14
2022	493.91	2,350,000	482	-15409169	266.35
Rata-rata	439.9562	2350000	534.6562	121325418	464.9946

**Pasir Besi 35% dan Pellet 65%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	406.8	2,350,000	500	119407620	405
2011	450.51	2,350,000	600	191523538	518.4
2012	416.26	2,350,000	648	296894953	528.77
2013	411.82	2,350,000	596	236161860	375.43
2014	368.51	2,350,000	465	123629319	229.01
2015	388.4	2,350,000	446	74307356	407.64
2016	449.16	2,350,000	522	93697314	729.67
2017	484.33	2,350,000	637	195840771	539.96
2018	500.07	2,350,000	663	208330469	480.56
2019	406.6	2,350,000	550	183756416	667.98
2020	370.09	2,350,000	429	75499440	521.02
2021	399.49	2,350,000	412	15845203	375.14
2022	469.88	2,350,000	482	15368089	266.35
Rata-rata	424.7631	2350000	534.6562	140789411	464.9946

**Pasir Besi 40% dan Pellet 60%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	396.96	2,350,000	500	132014864	405
2011	438.84	2,350,000	600	206466181	518.4
2012	407.34	2,350,000	648	308315524	528.77
2013	400.52	2,350,000	596	250644530	375.43
2014	359.13	2,350,000	465	135636536	229.01
2015	374.66	2,350,000	446	91921123	407.64
2016	428.31	2,350,000	522	120404017	729.67
2017	461.61	2,350,000	637	224956507	539.96
2018	478.27	2,350,000	663	236263289	480.56
2019	392.51	2,350,000	550	201799140	667.98
2020	357.76	2,350,000	429	91297765	521.02
2021	382.65	2,350,000	412	37429445	375.14
2022	445.86	2,350,000	482	46145346	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>409.5708</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>160253405</b>	<b>464.9946</b>

**Pasir Besi 45% dan Pellet 55%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	387.11	2,350,000	500	144622109	405
2011	427.18	2,350,000	600	221408824	518.4
2012	398.43	2,350,000	648	319736094	528.77
2013	389.21	2,350,000	596	265127200	375.43
2014	349.76	2,350,000	465	147643754	229.01
2015	360.91	2,350,000	446	109534891	407.64
2016	407.47	2,350,000	522	147110720	729.67
2017	438.88	2,350,000	637	254072242	539.96
2018	456.47	2,350,000	663	264196110	480.56
2019	378.43	2,350,000	550	219841863	667.98
2020	345.43	2,350,000	429	107096090	521.02
2021	365.8	2,350,000	412	59013687	375.14
2022	421.84	2,350,000	482	76922604	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>394.3785</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>179717399</b>	<b>464.9946</b>

**Pasir Besi 50% dan Pellet 50%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	377.27	2,350,000	500	157229353	405
2011	415.51	2,350,000	600	236351467	518.4
2012	389.51	2,350,000	648	331156664	528.77
2013	377.91	2,350,000	596	279609871	375.43
2014	340.39	2,350,000	465	159650971	229.01
2015	347.16	2,350,000	446	127148658	407.64
2016	386.62	2,350,000	522	173817422	729.67
2017	416.15	2,350,000	637	283187978	539.96
2018	434.66	2,350,000	663	292128931	480.56
2019	364.35	2,350,000	550	237884587	667.98
2020	333.1	2,350,000	429	122894415	521.02
2021	348.95	2,350,000	412	80597929	375.14
2022	397.81	2,350,000	482	107699861	266.35
Rata-rata	379.1838	2350000	534.6562	199181393	464.9946

**B4. Lampiran Blash Furnace Bahan Baku Utama (Baja Scrab Lokal)**  
**Scrab 10% dan Pellet 90%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	527.34	2,350,000	500	-35032234.44	405
2011	596.17	2,350,000	600	4904423.12	518.4
2012	552.03	2,350,000	648	122946715.95	528.77
2013	543.1	2,350,000	596	67973447.53	375.43
2014	494.16	2,350,000	465	-37348647.93	229.01
2015	515.46	2,350,000	446	-88467567.52	407.64
2016	593.71	2,350,000	522	-91491273.57	729.67
2017	605.01	2,350,000	637	41232105.47	539.96
2018	618.27	2,350,000	663	56908237.58	480.56
2019	488.73	2,350,000	550	78529385.60	667.98
2020	443.13	2,350,000	429	-18078314.24	521.02
2021	491.52	2,350,000	412	-102055466.54	375.14
2022	595.88	2,350,000	482	-146057984.46	266.35
Rata-rata	543.4238	2350000	534.6562	-11233628.73	464.9946

**Scrab 15% dan Pellet 85%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	553.18	2,350,000	500	-68126805.92	405
2011	628.18	2,350,000	600	-36105883.52	518.4
2012	588.72	2,350,000	648	75944593.79	528.77
2013	569.18	2,350,000	596	34568586.35	375.43
2014	524.18	2,350,000	465	-75812369.80	229.01
2015	530.87	2,350,000	446	-108206842.64	407.64
2016	593.02	2,350,000	522	-90612108.65	729.67
2017	585.81	2,350,000	637	65832847.06	539.96
2018	601.05	2,350,000	663	78961994.13	480.56
2019	480.51	2,350,000	550	89065402.63	667.98
2020	436.5	2,350,000	429	-9573053.98	521.02
2021	478.57	2,350,000	412	-85460954.34	375.14
2022	574.8	2,350,000	482	-119050619.63	266.35
Rata-rata	549.5823	2350000	534.6562	-19121170.35	464.9946



**Scrab 20% dan Pellet 80%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	579.01	2,350,000	500	-101221377	405
2011	660.19	2,350,000	600	-77116190	518.4
2012	625.41	2,350,000	648	28942472	528.77
2013	595.25	2,350,000	596	1163725	375.43
2014	554.2	2,350,000	465	-114276092	229.01
2015	546.27	2,350,000	446	-127946118	407.64
2016	592.33	2,350,000	522	-89732944	729.67
2017	566.61	2,350,000	637	90433589	539.96
2018	583.84	2,350,000	663	101015751	480.56
2019	472.28	2,350,000	550	99601420	667.98
2020	429.86	2,350,000	429	-1067794	521.02
2021	465.62	2,350,000	412	-68866442	375.14
2022	553.72	2,350,000	482	-92043255	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>555.7377</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>-27008711.97</b>	<b>464.9946</b>

**Scrab 25% dan Pellet 75%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	604.84	2,350,000	500	-134315949	405
2011	692.2	2,350,000	600	-118126497	518.4
2012	662.1	2,350,000	648	-18059651	528.77
2013	621.33	2,350,000	596	-32241136	375.43
2014	584.23	2,350,000	465	-152739814	229.01
2015	561.68	2,350,000	446	-147685393	407.64
2016	591.65	2,350,000	522	-88853779	729.67
2017	547.41	2,350,000	637	115034330	539.96
2018	566.62	2,350,000	663	123069507	480.56
2019	464.06	2,350,000	550	110137437	667.98
2020	423.22	2,350,000	429	7437467	521.02
2021	452.66	2,350,000	412	-52271930	375.14
2022	532.64	2,350,000	482	-65035890	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>561.8954</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>-34896253.59</b>	<b>464.9946</b>

**Scrab 30% dan Pellet 70%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	630.67	2,350,000	500	-167410520	405
2011	724.22	2,350,000	600	-159136803	518.4
2012	698.78	2,350,000	648	-65061773	528.77
2013	647.4	2,350,000	596	-65645997	375.43
2014	614.25	2,350,000	465	-191203535	229.01
2015	577.09	2,350,000	446	-167424668	407.64
2016	590.96	2,350,000	522	-87974614	729.67
2017	528.2	2,350,000	637	139635072	539.96
2018	549.41	2,350,000	663	145123264	480.56
2019	455.84	2,350,000	550	120673454	667.98
2020	416.58	2,350,000	429	15942727	521.02
2021	439.71	2,350,000	412	-35677418	375.14
2022	511.56	2,350,000	482	-38028525	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>568.0515</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>-42783795</b>	<b>464.9946</b>

**Scrab 35% dan Pellet 65%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	656.51	2,350,000	500	-200505092	405
2011	756.23	2,350,000	600	-200147110	518.4
2012	735.47	2,350,000	648	-112063895	528.77
2013	673.47	2,350,000	596	-99050858	375.43
2014	644.27	2,350,000	465	-229667257	229.01
2015	592.5	2,350,000	446	-187163943	407.64
2016	590.28	2,350,000	522	-87095449	729.67
2017	509	2,350,000	637	164235813	539.96
2018	532.19	2,350,000	663	167177020	480.56
2019	447.61	2,350,000	550	131209471	667.98
2020	409.94	2,350,000	429	24447987	521.02
2021	426.76	2,350,000	412	-19082906	375.14
2022	490.48	2,350,000	482	-11021160	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>574.2085</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>-50671337</b>	<b>464.9946</b>

**Scrab 40% dan Pellet 60%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	682.34	2,350,000	500	-233599663	405
2011	788.24	2,350,000	600	-241157417	518.4
2012	772.16	2,350,000	648	-159066017	528.77
2013	699.55	2,350,000	596	-132455720	375.43
2014	674.3	2,350,000	465	-268130979	229.01
2015	607.9	2,350,000	446	-206903218	407.64
2016	589.59	2,350,000	522	-86216284	729.67
2017	489.8	2,350,000	637	188836555	539.96
2018	514.98	2,350,000	663	189230777	480.56
2019	439.39	2,350,000	550	141745488	667.98
2020	403.3	2,350,000	429	32953247	521.02
2021	413.8	2,350,000	412	-2488393	375.14
2022	469.4	2,350,000	482	15986205	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>580.3654</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>-58558878</b>	<b>464.9946</b>

**Scrab 45% dan Pellet 55%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	708.17	2,350,000	500	-266694235	405
2011	820.25	2,350,000	600	-282167723	518.4
2012	808.85	2,350,000	648	-206068139	528.77
2013	725.62	2,350,000	596	-165860581	375.43
2014	704.32	2,350,000	465	-306594701	229.01
2015	623.31	2,350,000	446	-226642493	407.64
2016	588.9	2,350,000	522	-85337119	729.67
2017	470.6	2,350,000	637	213437297	539.96
2018	497.77	2,350,000	663	211284533	480.56
2019	431.17	2,350,000	550	152281505	667.98
2020	396.66	2,350,000	429	41458508	521.02
2021	400.85	2,350,000	412	14106119	375.14
2022	448.32	2,350,000	482	42993569	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>586.5223</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>-66446420</b>	<b>464.9946</b>

**Scrab 50% dan Pellet 50%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	734	2,350,000	500	-299788806	405
2011	852.26	2,350,000	600	-323178030	518.4
2012	845.54	2,350,000	648	-253070261	528.77
2013	751.7	2,350,000	596	-199265442	375.43
2014	734.34	2,350,000	465	-345058423	229.01
2015	638.72	2,350,000	446	-246381768	407.64
2016	588.22	2,350,000	522	-84457954	729.67
2017	451.4	2,350,000	637	238038038	539.96
2018	480.55	2,350,000	663	233338290	480.56
2019	422.94	2,350,000	550	162817522	667.98
2020	390.02	2,350,000	429	49963768	521.02
2021	387.9	2,350,000	412	30700631	375.14
2022	427.24	2,350,000	482	70000934	266.35
Rata-rata	592.6792	2350000	534.6562	-74333962	464.9946

**B5. Lampiran Blash Furnace Bahan Baku Utama (Baja Scrab Import)****Scrab 10% dan Pellet 90%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	486.38	2,350,000	500	17452052.88	405
2011	557.57	2,350,000	600	54362012.82	518.4
2012	512.23	2,350,000	648	173943294.96	528.77
2013	501	2,350,000	596	121908412.33	375.43
2014	449.41	2,350,000	465	19982717.08	229.01
2015	472.91	2,350,000	446	-33955710.78	407.64
2016	559.59	2,350,000	522	-47786194.78	729.67
2017	604.54	2,350,000	637	41838612.38	539.96
2018	619.82	2,350,000	663	54921814.01	480.56
2019	494.06	2,350,000	550	71708223.98	667.98
2020	449.15	2,350,000	429	-25786044.39	521.02
2021	490.94	2,350,000	412	-101303743.57	375.14
2022	592.44	2,350,000	482	-141648897.09	266.35
Rata-rata	522.3108	2350000	534.6562	15818196.14	464.9946

**Scrab 15% dan Pellet 85%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	491.73	2,350,000	500	10599625.07	405
2011	570.28	2,350,000	600	38080501.03	518.4
2012	529.01	2,350,000	648	152439462.32	528.77
2013	506.03	2,350,000	596	115471033.54	375.43
2014	457.06	2,350,000	465	10184677.72	229.01
2015	467.04	2,350,000	446	-26439057.52	407.64
2016	541.85	2,350,000	522	-25054490.46	729.67
2017	585.1	2,350,000	637	66742607.41	539.96
2018	603.38	2,350,000	663	75982358.77	480.56
2019	488.5	2,350,000	550	78833660.21	667.98
2020	445.52	2,350,000	429	-21134649.20	521.02
2021	477.69	2,350,000	412	-84333369.89	375.14
2022	569.64	2,350,000	482	-112436988.58	266.35
Rata-rata	517.91	2350000	534.6562	21456566.96	464.9946

**Scrab 20% dan Pellet 80%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	497.08	2,350,000	500	3747197	405
2011	582.98	2,350,000	600	21798989	518.4
2012	545.8	2,350,000	648	130935630	528.77
2013	511.05	2,350,000	596	109033655	375.43
2014	464.7	2,350,000	465	386638	229.01
2015	461.17	2,350,000	446	-18922404	407.64
2016	524.11	2,350,000	522	-2322786	729.67
2017	565.66	2,350,000	637	91646602	539.96
2018	586.94	2,350,000	663	97042904	480.56
2019	482.93	2,350,000	550	85959096	667.98
2020	441.89	2,350,000	429	-16483254	521.02
2021	464.44	2,350,000	412	-67362996	375.14
2022	546.84	2,350,000	482	-83225080	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>513.5069</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>27094937.77</b>	<b>464.9946</b>

**Scrab 25% dan Pellet 75%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	502.42	2,350,000	500	-3105231	405
2011	595.69	2,350,000	600	5517477	518.4
2012	562.58	2,350,000	648	109431797	528.77
2013	516.08	2,350,000	596	102596276	375.43
2014	472.35	2,350,000	465	-9411401	229.01
2015	455.31	2,350,000	446	-11405751	407.64
2016	506.36	2,350,000	522	20408918	729.67
2017	546.22	2,350,000	637	116550597	539.96
2018	570.5	2,350,000	663	118103448	480.56
2019	477.37	2,350,000	550	93084533	667.98
2020	438.26	2,350,000	429	-11831859	521.02
2021	451.2	2,350,000	412	-50392623	375.14
2022	524.04	2,350,000	482	-54013172	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>509.1062</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>32733308.58</b>	<b>464.9946</b>

**Scrab 30% dan Pellet 70%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	507.77	2,350,000	500	-9957658	405
2011	608.4	2,350,000	600	-10764034	518.4
2012	579.37	2,350,000	648	87927964	528.77
2013	521.1	2,350,000	596	96158897	375.43
2014	480	2,350,000	465	-19209440	229.01
2015	449.44	2,350,000	446	-3889098	407.64
2016	488.62	2,350,000	522	43140622	729.67
2017	526.78	2,350,000	637	141454593	539.96
2018	554.06	2,350,000	663	139163993	480.56
2019	471.81	2,350,000	550	100209969	667.98
2020	434.63	2,350,000	429	-7180464	521.02
2021	437.95	2,350,000	412	-33422249	375.14
2022	501.24	2,350,000	482	-24801263	266.35
Rata-rata	504.7054	2350000	534.6562	38371679	464.9946

**Scrab 35% dan Pellet 65%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	513.12	2,350,000	500	-16810086	405
2011	621.11	2,350,000	600	-27045546	518.4
2012	596.15	2,350,000	648	66424132	528.77
2013	526.13	2,350,000	596	89721518	375.43
2014	487.65	2,350,000	465	-29007480	229.01
2015	443.57	2,350,000	446	3627555	407.64
2016	470.88	2,350,000	522	65872327	729.67
2017	507.35	2,350,000	637	166358588	539.96
2018	537.62	2,350,000	663	160224538	480.56
2019	466.25	2,350,000	550	107335405	667.98
2020	431	2,350,000	429	-2529068	521.02
2021	424.7	2,350,000	412	-16451875	375.14
2022	478.44	2,350,000	482	4410645	266.35
Rata-rata	500.3054	2350000	534.6562	44010050	464.9946

**Scrab 40% dan Pellet 60%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	518.47	2,350,000	500	-23662514	405
2011	633.82	2,350,000	600	-43327058	518.4
2012	612.94	2,350,000	648	44920299	528.77
2013	531.15	2,350,000	596	83284140	375.43
2014	495.29	2,350,000	465	-38805519	229.01
2015	437.71	2,350,000	446	11144209	407.64
2016	453.13	2,350,000	522	88604031	729.67
2017	487.91	2,350,000	637	191262583	539.96
2018	521.18	2,350,000	663	181285083	480.56
2019	460.69	2,350,000	550	114460841	667.98
2020	427.37	2,350,000	429	2122327	521.02
2021	411.46	2,350,000	412	518499	375.14
2022	455.63	2,350,000	482	33622554	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>495.9038</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>49648421</b>	<b>464.9946</b>

**Scrab 45% dan Pellet 55%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	523.82	2,350,000	500	-30514942	405
2011	646.53	2,350,000	600	-59608570	518.4
2012	629.72	2,350,000	648	23416466	528.77
2013	536.18	2,350,000	596	76846761	375.43
2014	502.94	2,350,000	465	-48603558	229.01
2015	431.84	2,350,000	446	18660862	407.64
2016	435.39	2,350,000	522	111335735	729.67
2017	468.47	2,350,000	637	216166578	539.96
2018	504.74	2,350,000	663	202345627	480.56
2019	455.12	2,350,000	550	121586278	667.98
2020	423.74	2,350,000	429	6773722	521.02
2021	398.21	2,350,000	412	17488872	375.14
2022	432.83	2,350,000	482	62834463	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>491.5023</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>55286792</b>	<b>464.9946</b>



**Scrab 50% dan Pellet 50%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	529.17	2,350,000	500	-37367370	405
2011	659.24	2,350,000	600	-75890082	518.4
2012	646.51	2,350,000	648	1912634	528.77
2013	541.2	2,350,000	596	70409382	375.43
2014	510.59	2,350,000	465	-58401598	229.01
2015	425.97	2,350,000	446	26177515	407.64
2016	417.65	2,350,000	522	134067440	729.67
2017	449.03	2,350,000	637	241070573	539.96
2018	488.3	2,350,000	663	223406172	480.56
2019	449.56	2,350,000	550	128711714	667.98
2020	420.1	2,350,000	429	11425117	521.02
2021	384.96	2,350,000	412	34459246	375.14
2022	410.03	2,350,000	482	92046371	266.35
Rata-rata	487.1008	2350000	534.6562	60925163	464.9946

**B6. Lampiran Blash Furnace Bahan Baku Utama (Pellet 50%, Bijih Laterit, Pasir Besi)**

**Bijih Laterit 5% dan Pasir Besi 45%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	327.38	2,350,000	500	221156093.03	405
2011	369.69	2,350,000	600	295065223.89	518.4
2012	352.08	2,350,000	648	379111276.38	528.77
2013	334.33	2,350,000	596	335440653.97	375.43
2014	286.17	2,350,000	465	229114839.12	229.01
2015	302.91	2,350,000	446	183841083.91	407.64
2016	361.7	2,350,000	522	205739717.73	729.67
2017	397.43	2,350,000	637	307176006.58	539.96
2018	411.95	2,350,000	663	321226418.48	480.56
2019	331.49	2,350,000	550	279983175.57	667.98
2020	292.18	2,350,000	429	175317108.60	521.02
2021	315.79	2,350,000	412	123083388.20	375.14
2022	379.45	2,350,000	482	131227827.28	266.35
Rata-rata	343.2731	2350000	534.6562	245190985.6	464.9946

**Bijih Laterit 10% dan Pasir Besi 40%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	331.85	2,350,000	500	215425953	405
2011	373.44	2,350,000	600	290251906	518.4
2012	355.66	2,350,000	648	374528998	528.77
2013	338.44	2,350,000	596	330171034	375.43
2014	291.09	2,350,000	465	222814206	229.01
2015	308.27	2,350,000	446	176967094	407.64
2016	366.51	2,350,000	522	199585730	729.67
2017	401.29	2,350,000	637	302226060	539.96
2018	415.46	2,350,000	663	316726917	480.56
2019	335.37	2,350,000	550	275012383	667.98
2020	296.82	2,350,000	429	169373769	521.02
2021	320.85	2,350,000	412	116599745	375.14
2022	383.98	2,350,000	482	125423301	266.35
Rata-rata	347.6177	2350000	534.6562	239623622.8	464.9946

**Bijih Laterit 15% dan Pasir Besi 35%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	336.32	2,350,000	500	209695813	405
2011	377.2	2,350,000	600	285438589	518.4
2012	359.24	2,350,000	648	369946720	528.77
2013	342.56	2,350,000	596	324901414	375.43
2014	296	2,350,000	465	216513574	229.01
2015	313.64	2,350,000	446	170093103	407.64
2016	371.31	2,350,000	522	193431743	729.67
2017	405.16	2,350,000	637	297276114	539.96
2018	418.97	2,350,000	663	312227416	480.56
2019	339.25	2,350,000	550	270041590	667.98
2020	301.46	2,350,000	429	163430430	521.02
2021	325.91	2,350,000	412	110116102	375.14
2022	388.51	2,350,000	482	119618775	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>351.9638</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>234056260</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Laterit 20% dan Pasir Besi 30%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	340.79	2,350,000	500	203965673	405
2011	380.96	2,350,000	600	280625271	518.4
2012	362.81	2,350,000	648	365364441	528.77
2013	346.67	2,350,000	596	319631794	375.43
2014	300.92	2,350,000	465	210212941	229.01
2015	319	2,350,000	446	163219113	407.64
2016	376.11	2,350,000	522	187277755	729.67
2017	409.02	2,350,000	637	292326167	539.96
2018	422.49	2,350,000	663	307727915	480.56
2019	343.13	2,350,000	550	265070797	667.98
2020	306.1	2,350,000	429	157487091	521.02
2021	330.97	2,350,000	412	103632459	375.14
2022	393.04	2,350,000	482	113814249	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>356.3085</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>228488897</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Laterit 25% dan Pasir Besi 25%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	345.27	2,350,000	500	198235533	405
2011	384.71	2,350,000	600	275811953	518.4
2012	366.39	2,350,000	648	360782163	528.77
2013	350.78	2,350,000	596	314362173	375.43
2014	305.84	2,350,000	465	203912308	229.01
2015	324.37	2,350,000	446	156345122	407.64
2016	380.92	2,350,000	522	181123768	729.67
2017	412.88	2,350,000	637	287376221	539.96
2018	426	2,350,000	663	303228413	480.56
2019	347.01	2,350,000	550	260100004	667.98
2020	310.73	2,350,000	429	151543751	521.02
2021	336.03	2,350,000	412	97148816	375.14
2022	397.57	2,350,000	482	108009723	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>360.6538</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>222921535</b>	<b>464.9946</b>

**B7. Lampiran Blash Furnace Bahan Baku Utama (Pellet 50%, Bijih Laterit, Bijih Primer)**

**Bijih Laterit 5% dan Bijih Besi 45%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	327.38	2,350,000	500	221156093.03	405
2011	369.69	2,350,000	600	295065223.89	518.4
2012	352.08	2,350,000	648	379111276.38	528.77
2013	334.33	2,350,000	596	335440653.97	375.43
2014	286.17	2,350,000	465	229114839.12	229.01
2015	302.91	2,350,000	446	183841083.91	407.64
2016	361.7	2,350,000	522	205739717.73	729.67
2017	397.43	2,350,000	637	307176006.58	539.96
2018	411.95	2,350,000	663	321226418.48	480.56
2019	331.49	2,350,000	550	279983175.57	667.98
2020	292.18	2,350,000	429	175317108.60	521.02
2021	315.79	2,350,000	412	123083388.20	375.14
2022	379.45	2,350,000	482	131227827.28	266.35
Rata-rata	343.2731	2350000	534.6562	245190985.6	464.9946

**Bijih Laterit 10% dan Bijih Besi 40%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	331.85	2,350,000	500	215425953	405
2011	373.44	2,350,000	600	290251906	518.4
2012	355.66	2,350,000	648	374528998	528.77
2013	338.44	2,350,000	596	330171034	375.43
2014	291.09	2,350,000	465	222814206	229.01
2015	308.27	2,350,000	446	176967094	407.64
2016	366.51	2,350,000	522	199585730	729.67
2017	401.29	2,350,000	637	302226060	539.96
2018	415.46	2,350,000	663	316726917	480.56
2019	335.37	2,350,000	550	275012383	667.98
2020	296.82	2,350,000	429	169373769	521.02
2021	320.85	2,350,000	412	116599745	375.14
2022	383.98	2,350,000	482	125423301	266.35
Rata-rata	347.6177	2350000	534.6562	239623622.8	464.9946

**Bijih Laterit 15% dan Bijih Bes 35%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	336.32	2,350,000	500	209695813	405
2011	377.2	2,350,000	600	285438589	518.4
2012	359.24	2,350,000	648	369946720	528.77
2013	342.56	2,350,000	596	324901414	375.43
2014	296	2,350,000	465	216513574	229.01
2015	313.64	2,350,000	446	170093103	407.64
2016	371.31	2,350,000	522	193431743	729.67
2017	405.16	2,350,000	637	297276114	539.96
2018	418.97	2,350,000	663	312227416	480.56
2019	339.25	2,350,000	550	270041590	667.98
2020	301.46	2,350,000	429	163430430	521.02
2021	325.91	2,350,000	412	110116102	375.14
2022	388.51	2,350,000	482	119618775	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>351.9638</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>234056260</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Laterit 20% dan Bijih Bes 30%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	336.32	2,350,000	500	209695813	405
2011	377.2	2,350,000	600	285438589	518.4
2012	359.24	2,350,000	648	369946720	528.77
2013	342.56	2,350,000	596	324901414	375.43
2014	296	2,350,000	465	216513574	229.01
2015	323.64	2,350,000	446	160093103	407.64
2016	371.31	2,350,000	522	193431743	729.67
2017	405.16	2,350,000	637	297276114	539.96
2018	418.97	2,350,000	663	312227416	480.56
2019	339.25	2,350,000	550	270041590	667.98
2020	301.46	2,350,000	429	163430430	521.02
2021	325.91	2,350,000	412	110116102	375.14
2022	388.51	2,350,000	482	119618775	266.35
<b>Rata-rata</b>	<b>352.7331</b>	<b>2350000</b>	<b>534.6562</b>	<b>233287029</b>	<b>464.9946</b>

**Bijih Laterit 25% dan Bijih Bes 25%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	345.27	2,350,000	500	198235533	405
2011	384.71	2,350,000	600	275811953	518.4
2012	366.39	2,350,000	648	360782163	528.77
2013	350.78	2,350,000	596	314362173	375.43
2014	305.84	2,350,000	465	203912308	229.01
2015	324.37	2,350,000	446	156345122	407.64
2016	380.92	2,350,000	522	181123768	729.67
2017	412.88	2,350,000	637	287376221	539.96
2018	426	2,350,000	663	303228413	480.56
2019	347.01	2,350,000	550	260100004	667.98
2020	310.73	2,350,000	429	151543751	521.02
2021	336.03	2,350,000	412	97148816	375.14
2022	397.57	2,350,000	482	108009723	266.35
Rata-rata	360.6538	2350000	534.6562	222921535	464.9946

**B8. Lampiran Blash Furnace Bahan Baku Utama (Pellet 50%, Bijih Primer, Pasir Besi)**

**Bijih Besi 5% dan Pasir Besi 45%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	327.32	2,350,000	500	221231824.70	405
2011	370.74	2,350,000	600	293709581.99	518.4
2012	354.52	2,350,000	648	375982355.36	528.77
2013	336.31	2,350,000	596	332898829.12	375.43
2014	288.07	2,350,000	465	226682276.39	229.01
2015	305	2,350,000	446	181160958.39	407.64
2016	364.18	2,350,000	522	202568888.04	729.67
2017	400.76	2,350,000	637	302911168.72	539.96
2018	414.96	2,350,000	663	317377325.22	480.56
2019	334.28	2,350,000	550	276405007.67	667.98
2020	295	2,350,000	429	171702709.77	521.02
2021	318.89	2,350,000	412	119110865.56	375.14
2022	382.88	2,350,000	482	126827135.86	266.35
Rata-rata	345.6085	2350000	534.6562	242197609.8	464.9946

**Bijih Besi 10% dan Pasir Besi 40%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	331.73	2,350,000	500	215577416	405
2011	375.56	2,350,000	600	287540622	518.4
2012	360.54	2,350,000	648	368271156	528.77
2013	342.41	2,350,000	596	325087384	375.43
2014	294.88	2,350,000	465	217949081	229.01
2015	312.46	2,350,000	446	171606843	407.64
2016	371.46	2,350,000	522	193244071	729.67
2017	407.95	2,350,000	637	293696384	539.96
2018	421.47	2,350,000	663	309028731	480.56
2019	340.95	2,350,000	550	267856047	667.98
2020	302.46	2,350,000	429	162144972	521.02
2021	327.05	2,350,000	412	108654700	375.14
2022	390.85	2,350,000	482	116621918	266.35
Rata-rata	352.29	2350000	534.6562	233636871.2	464.9946



**Bijih Besi 15% dan Pasir Besi 35%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	336.14	2,350,000	500	209923008	405
2011	380.37	2,350,000	600	281371663	518.4
2012	366.56	2,350,000	648	360559957	528.77
2013	348.51	2,350,000	596	317275939	375.43
2014	301.7	2,350,000	465	209215885	229.01
2015	319.91	2,350,000	446	162052727	407.64
2016	378.73	2,350,000	522	183919254	729.67
2017	415.14	2,350,000	637	284481600	539.96
2018	427.99	2,350,000	663	300680136	480.56
2019	347.63	2,350,000	550	259307086	667.98
2020	309.92	2,350,000	429	152587233	521.02
2021	335.21	2,350,000	412	98198534	375.14
2022	398.81	2,350,000	482	106416701	266.35
Rata-rata	358.9708	2350000	534.6562	225076133	464.9946

**Bijih Besi 20% dan Pasir Besi 30%**

Tahun	Biaya Produksi Per Ton	Jumlah Produksi	Harga Jual Per Ton	Keuntungan	Harga Besi Spons Import
2010	340.56	2,350,000	500	204268600	405
2011	385.19	2,350,000	600	275202703	518.4
2012	372.58	2,350,000	648	352848757	528.77
2013	354.61	2,350,000	596	309464494	375.43
2014	308.52	2,350,000	465	200482690	229.01
2015	327.37	2,350,000	446	152498611	407.64
2016	386.01	2,350,000	522	174594437	729.67
2017	422.34	2,350,000	637	275266816	539.96
2018	434.5	2,350,000	663	292331542	480.56
2019	354.3	2,350,000	550	250758125	667.98
2020	317.38	2,350,000	429	143029495	521.02
2021	343.37	2,350,000	412	87742369	375.14
2022	406.78	2,350,000	482	96211483	266.35
Rata-rata	365.6546	2350000	534.6562	216515394	464.9946

**Bijih Besi 25% dan Pasir Besi 25%**

<b>Tahun</b>	<b>Biaya Produksi Per Ton</b>	<b>Jumlah Produksi</b>	<b>Harga Jual Per Ton</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Harga Besi Spons Import</b>
2010	344.97	2,350,000	500	198614191	405
2011	390	2,350,000	600	269033744	518.4
2012	378.6	2,350,000	648	345137558	528.77
2013	360.7	2,350,000	596	301653049	375.43
2014	315.33	2,350,000	465	191749494	229.01
2015	334.83	2,350,000	446	142944495	407.64
2016	393.29	2,350,000	522	165269620	729.67
2017	429.53	2,350,000	637	266052032	539.96
2018	441.02	2,350,000	663	283982947	480.56
2019	360.97	2,350,000	550	242209164	667.98
2020	324.84	2,350,000	429	133471757	521.02
2021	351.54	2,350,000	412	77286203	375.14
2022	414.75	2,350,000	482	86006265	266.35
Rata-rata	372.3362	2350000	534.6562	207954655	464.9946

## *Run For Life*

*Dari Ulud sampai ke Kampasia...  
Dari Perak sampai ke Danau hati...  
Adalah dia yang mempedulikanmu untuk berlari...  
Adalah dia yang menantimu untuk kembali...*

*Dimana samudra harus aku arungi...  
Terkadang godaan hanya di ujung pilu...  
Risau menghangut dipadang ilalang...  
Menorehkan kerisauan tentang keseimbangan arah...*

*Aku tersadar akan sekian kalinya...  
Dan seketika segalanya telah terlambat...  
Terkadang waktu hanyalah sebuah uji coba...  
Dan setan-setan sebagai pemberat detak jarum jam...*

*Banyak khelayak ramai yang menyembah-nyembah Tuhannya...  
Tetapi banyak juga mencari jalur alternatif dari setan berkeliaran...  
Dan aku masih disini, disini untuk mempertanyakan arah...  
Dimana kaki ini harus melangkah dari jalan takdir Tuhan...*

*Berlari ke hutan rimba yang kutemukan laut...  
Berlari ke padang pasir yang kutemukan singa...  
Dan hidup tak selamanya seperti yang kau inginkan,  
biarpun larimu kencang sampai ke negeri awan...*

*Aku merombak pada kepalsuan jiwa....  
Berdesah pada Tuhan tentang sebuah kebaikan...  
Riwayat hidup yang akhirnya berujung pada kebahagiaan  
Dan dipelupuk mata yang teringat hanyalah kata-kata seorang Ibu*

*Mengertilah anak manusia...  
Sekencang apapun larimu...  
Sejauh apapun kau mendaki...  
Satu hal yang pasti, kau akan tetap kalah pada kuasa Tuhan  
Tetapi Tuhan akan memberikan kebaikan di tiap usahamu  
Jadi berusahalah biarpun pada suatu waktu kau kalah*

*By Efta*

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini dijabarkan beberapa kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilaksanakan dengan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan pada objek penelitian, diantaranya adalah sebagai berikut.

#### **6.1. KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan guna menemukan skenario yang tepat untuk kebijakan masalah Industri Baja Hulu Nasional sesuai tujuan penelitian, maka dapat disimpulkan hal sebagai berikut.

1. Hasil kerja dari penelitian ini telah menghasilkan model sistem dinamik yang dapat digunakan untuk menentukan kebijakan yang tepat bagi industri baja khususnya Industri Baja Hulu.
2. Berdasarkan uji skenario pada model yang dibangun diperoleh kesimpulan bahwa pada skenario pergantian *teknologi* dari proses reduksi langsung (*Direct Reduction Iron*) ke proses produksi langsung dengan *Blash Furnace* diperoleh hasil bahwa penggunaan produksi untuk baja dasar dengan *Blash Furnace* lebih menguntungkan daripada proses produksi dengan *Direct Reduction Iron*. Hal tersebut terlihat dari beberapa skenario yang menunjukkan nilai keuntungan positif.
3. Pada proses produksi *Blash Furnace* dengan menggunakan campuran 100% pellet besi didapatkan hasil bahwa rata-rata keuntungan positif jika menggunakan harga jual besi spons nasional sebagai patokan. Tetapi ada beberapa periode yang menunjukkan keuntungan negatif yaitu periode tahun 2015, 2016, 2017, 2021, dan 2022. Serta hasil dari rata-rata biaya produksi masih diatas harga jual besi spons *import*. Sehingga dapat dikatakan skenario ini belum layak untuk digunakan.

4. Pada skenario produksi *Blash Furnace* dengan *blanding* pellet besi dan satu mineral batuan didapatkan hasil bahwa campuran pellet besi dengan pasir besi memberikan efek yang lebih baik dibandingkan campuran mineral lain. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya biaya produksi yang lebih murah serta keuntungan yang lebih maksimal.
5. Pada skenario produksi *Blash Furnace* dengan *blanding* pellet besi dan dua mineral batuan didapatkan hasil bahwa campuran 50% pellet, 5% bijih laterit dan 45% pasir besi memberikan efek yang lebih baik dibandingkan campuran mineral lain. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya biaya produksi yang lebih murah serta keuntungan yang maksimal. Tetapi nilai ini berbading tipis dengan keuntungan campuran 50% pellet, 5% bijih laterit, dan 45% bijih besi. Sebab keuntungan akan sama diperoleh jika harga yang diberikan adalah harga baja dasar *import*.
6. Pada rancangan produksi *Blash Furnace* dengan menggunakan campuran baja scrab lokal dan pellet diperoleh hasil nilai keuntungan yang *minus*. Hal tersebut akibat dari harga baja scrab lokal yang mahal sehingga berdampak pada biaya produksi yang mahal.
7. Pada rancangan produksi *Blash Furnace* dengan menggunakan campuran baja scrab lokal dan pellet diperoleh hasil nilai keuntungan yang positif. Tetapi disini biaya produksi yang didapat dari keseluruhan periode menunjukkan nilai yang masih diatas harga jual besi spons import sehingga skenario ini tidak direkomendasikan.

## **6.2. SARAN**

Saran yang dapat diberikan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Adanya pembangunan *Blash Furnace* di Indonesia yang dilakukan oleh PT.X, mengalami keterlambatan padahal semakin lama penundaan pembangunan *Blash Furnace* kerugian negara untuk tetap mempertahankan Industri Baja Hulu akan semakin bertambah dan menumpuk. Sehingga pemerintah sebaiknya cepat menyelesaikan pembangunan *Blash Furnace*,

walaupun investasi mahal tetapi keuntungan yang didapat pada suatu saat dapat menutupi mahalnya investasi di awal.

2. Penelitian ini selanjutnya dapat dikembangkan ke arah *Steel Making* karena model yang dibangun dapat dikembangkan di Industri *Steel Making* dan antara Iron Making dan *Steel Making* terdapat hubungan yang erat.
3. Pada penelitian selanjutnya perlu memperhatikan kualitas bahan baku utama pada produk di *Blash Furnace* karena mineral yang terkandung di alam baik Indonesia maupun negara lain berbeda dan bisa jadi menjadi nilai tambah tersendiri yang dapat membuat kualitas baja lebih berarti.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, dkk. 2016. *Application of System Dynamics Approach in Electricity Sector Modelling: A Review*. Malaysia: Elsevier. (Journal)
- Ansari, N. dan Abbas Seifi. 2012. *A System Dynamics Analysis of Energy Consumption and Corrective Policies in Iranian Iron and Steel Industri*. Iran: Elsevier. (Journal)
- Babader, dkk. 2016. *A System Dynamics Approach for Enhancing Social Behaviours Regarding the Reuse of Packaging*. UK: Elsevier. (Journal)
- Chen, W., dkk. 2014. *A Bottom-Up Analysis of China's Iron and Steel Industrial Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions*. China: Elsevier. (Journal)
- Daalen, V. dan W.A.H. Thissen. 2001. *Dynamics Systems Modelling Continuous Models*. Faculteit Techniek, Bestuur en Management (TBM). Technische Universiteit Delft.
- Daryus. 2008. *Proses Produksi*. Jakarta: Teknik Mesin Universitas Darma Persada.
- Flues, dkk. 2015. *An Analysis of The Economic Determinants of Energy Efficiency in The European Iron and Steel Industri*. Germany: Elsevier. (Journal)
- Forrester, Jay W. 1994. "System Dynamics, Systems Thinking, and Soft OR". *System Dynamics Review Summer*, Vol.10, No.2, Hal 3
- Gao, dkk. 2016. *A System Dynamic Model for Managing Regional N Inputs from Human Activities*. China-USA: Elsevier. (Journal)
- Ghanadan, R. and J. G. Komey (2005). *Using energy scenarios to explore alternative energy pathways in California*. *Energy Policy*. Journal, 33, 1117-42.
- Hartrisari. 2007. *Sistem Dinamik*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Hasan, dkk. 2015. *Analysis of Soybean Production And Demand to Develop Strategic Policy of Food Self Sufficiency: A System Dynamic Framework*. Indonesia: Procedia. (Journal)
- Hasanbeigi, dkk. 2013. *A Bottom Up Model to Estimate the Energy Efficiency Improvement and CO<sub>2</sub> Emission Reduction Potentials in the Chinese Iron and Steel Industri*. USA: Elsevier. (Journal)
- Hasanbeigi, dkk. 2014. *Retrospective and Prospective Analysis of the Trends of Energy Use in Chinese Iron and Steel Industri*. China: Elsevier. (Journal)
- Juan, dkk. 2012. *Var Methods for the Dynamic Impawn Rate of Steel in Inventory Financing Under Autocorrelative Return*. China: Elsevier (Jurnal)



- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. *Statistik Cadangan Minyak Bumi*. 28 Januari 2016. <http://www.migas.esdm.go.id/>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. *Statistik Ekspor Minyak Bumi*. 28 Januari 2016. <http://www.migas.esdm.go.id/>
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2012. *Kajian Rantai Pasok Baja Kontruksi untuk Mendukung Investasi Infrastruktur*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum
- Kementrian Perindustrian. 2014. *Profil Industri Baja*. Jakarta: Dinas Perindustrian
- Krakatau Steel. *Profil Krakatau Steel*. 20 Januari 2016. <http://www.krakatausteel.com/>
- Manetsch, R.P and G.L. Park. 2002. *System Analysis and Simulation With Application to Economic and Social System*. Michigan State University, USA.
- Media Industri. 2015. *Baja Domestik Jadi Prioritas Proyek Infrastruktur*. Jakarta: Kementrian Perindustrian.
- Simatupang, T.M. 2000. *Pemodelan Sistem*. Penerbit Nindika, Klaten.
- Sterman, John.2000. *Business Dynamic. System Thinking and Modeling for aComplex World*. Massachusetts Institute of Tekhnology Sloan School Of Management.USA
- Lyneis, James M. 2000. *System Dynamicss for Market Forecasting and Struktural Analysis*. Cambridge.
- PT. Kereta Api Indonesia. 2014. *Laporan Tahunan PT. Kereta Api Indonesia 2014*. Jakarta: PT. Kereta Api Indonesia.
- Warell, Linda. 2014. *Trends and Development in Long-Term Steel Demand. The Intensity of Use Hypotesis Revisited*. Sweden: Elsevier. (Journal)
- Warta Ekspor. 2014. *Perkembangan Komponen Otomotif di Indonesia*. Jakarta: Kementerian Perdagangan.
- Wirjodirdjo, Budisantoso. 2012. *Sistem Dinamik*. Surabaya: ITS Press Surabaya.
- Yellishetty, Gavin M., 2014. *Subtance flow Analisis of Steel and Long Term Sustainability of Iron Ore Resources in Australia, Brazil, China and India*. Australia: Elsevier. (Journal)
- Yin, Xiang dan Wenying. 2013. *Trens and Development of Steel Demand in China: A Bottom-Up Analysis*. China: Elsevier. (Journal)



## BIODATA PENULIS

Penulis bernama lengkap EFTA DHARTIKASARI PRIYANA lahir di Kediri 29 Januari 1991. Merupakan anak ke 3. Kecintaan penulis pada dunia fiksi tidak serta merta membawa penulis pada dunia sastra tetapi Statistika. Salah satu tulisan fiksi penulis, pernah di ikut setakan dalam LMCR Rohto 2011 dan mendapat nominasi karya favorit Kategori C. Riwayat pendidikan penulis

di bangku kuliah dimulai pada tahun 2009, dengan diterima di D3 Statistika ITS. Judul Tugas Akhir penulis yang berjudul “Analisis Peta Kendali Demerit Botol Panji 620 ml di PT IGLAS (Persero)” membawa penulis lulus pada tahun 2012. Lulus D3 Statistika ITS, penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di S1 Statistika lewat program Lintas Jalur. Judul Tugas Akhir penulis yang berjudul “Pemodelan Jumlah Hipertensi di Provinsi Jawa Timur dengan *Mixed Geographically Weighted Poisson Regression*” membawa penulis lulus pada tahun 2014. Tahun berikutnya penulis melanjutkan kuliah di Magister Teknik Industri dengan membidangi konsentrasi Management Rekayasa, dengan dipandu oleh Bapak Budisantoso Wirdjodirjo dan Bapak I.Ketut Gunarta penulis mengambil judul tesis “Peran Kontribusi Industri Baja Hulu Terhadap Pemenuhan Baja Nasional (Sebuah Pendekatan Metodologi Sistem Dinamik). Dengan mengkonsentrasikan penelitian di Industri Baja Hulu, penulis berhasil menemukan pencampuran bahan baku termurah untuk produksi baja dasar. Untuk melanjutkan tesis di Industri Baja Kasar, bisa menghubungi penulis di email [eftadhartikasari@gmail.com](mailto:eftadhartikasari@gmail.com) karena data sudah ada.